

车路协同算力网络白皮书 (2023)

前言

随着科技的飞速发展，智能化、网络化、信息化逐渐成为交通行业的关键词。车路协同（Vehicle-Road Collaborative）作为智能交通发展的重要方向，通过利用先进的通信技术、传感器技术、计算机技术等，实现人、车、路之间的全面互联互通，为提升交通运行效率、改善交通安全和提升道路使用效率提供了有力的支持。

然而，车路协同系统的深化应用和效能发挥，离不开算力网络的强大支持。算力网络是一种根据业务需求，在云、网、边之间按需分配和灵活调度计算资源、网络资源和存储资源的能力，这种能力为车路协同带来了前所未有的发展机遇。当前，无线通信、物联网、云计算、人工智能等技术的快速发展，车路协同系统的建设正迎来关键时期。面对复杂多变的交通场景和日益增长的海量数据处理需求，如何构建一个高效、可靠的车路协同算力网络体系，已成为摆在我们面前的重要挑战。

算力网络的出现，为车路协同系统提供了强大的技术支撑。首先，算力网络具备的云、网、边计算资源融合的能力，能够满足车路协同系统中海量数据的处理需求，实现对各类数据的快速处理与共享。其次，算力网络具备的按需调度和智能分配能力，可以根据车路协同系统的实际需求，灵活调度和分配各类计算资源、网络资源和存储资源，满足系统的高效运行和安全性需求。此外，算力网络还具备良好的扩展性和灵活性，可以根据车路协同系统的业务需求和技术进步，进行快速的功能扩展和性能提升。

本白皮书旨在深入探讨车路协同算力网络的关键技术、架构和标准，详细分析其对于车路协同系统的重要意义和实践价值。我们希望通过本白皮书的发布，能够帮助政府、企业和社会各界深入理解车路协同算力网络的重要性和应用场景，为我国智能交通领域的创新发展提供有益的参考。

本白皮书将围绕以下主要内容展开论述：

一、总结了车路协同的发展现状，以及规模化应用的趋势下车路协同对算力网络的必然需求。

二、明确了车路协同算力网络架构和能力体系，基于车、路、云融合一体，网算融汇贯通，业务支撑能力融合开放，实现车路协同全要素在物理空间和信息空间的融合一体。

三、介绍了中国移动与产业伙伴在车路协同算力网络领域的最新探索与实践，面向量产车的辅助驾驶服务和高等级自动驾驶服务，系统性验证了车路云一体化算力网络方案。

我们希望通过本白皮书的撰写与发布，能够推动我国车路协同系统的创新发展，提升智能交通领域的整体竞争力。同时，我们也期待与全球范围内的专家学者和企业界人士共同合作，共同推进车路协同算力网络的研究与应用实践。

本白皮书在中国移动集团、中国信息通信研究院指导下，由中移（上海）信息通信科技有限公司牵头编写，期间得到了来自北京百度智行科技有限公司、中国移动通信研究院、中兴通讯股份有限公司、华为技术有限公司等多家单位的大力支持。

指导组：

- 中国移动车联网军团：黄刚、严茂胜

主要撰写人：

- 中移（上海）信息通信科技有限公司：汪建球、曾锋、张磊、张青山、司钊、张楹、冯霏、马少飞、溥德阳、丁俊勇、杨哲

- 北京百度智行科技有限公司：王淼、刘泽宇、王鲲、吴雯玥、章闻东、王洪岳

- 中国移动通信研究院：邓伟、曹蕾、马帅、曾凯越、李晗阳、郑银香、孙天齐

- 中兴通讯股份有限公司：张维奇、王海峰、马星烁、杜华军

- 华为技术有限公司：段洋洋、郭涛、巫伟科、钱滨

目录

1. 车路协同概述	01
1.1 车路协同的发展现状	02
1.1.1 车路云一体化技术路线成为充分共识	
1.1.2 自动驾驶逐步从网联化向车路协同发展	
1.1.3 智能化道路建设步伐显著加快	
1.1.4 车路协同应用从局部测试示范走向城市级规模化	
1.2 车路协同的规模化离不开算力网络的保驾护航	07
1.2.1 泛在融合的连接是基础	
1.2.2 多级协同的算力是中心	
1.2.3 可信开放的业务服务能力是关键	
1.2.4 统一的运维体系是保障	
2. 车路协同的算力网络架构和能力体系	11
2.1 车路协同算力网络架构	12
2.1.1 聪明的车	
2.1.2 智慧的路	
2.1.3 多级融合的云	
2.1.4 高效协同的服务架构	
2.2 能力体系	17
2.2.1 连接的融合和保障	
2.2.2 算力的供给和管理	
2.2.3 行业应用基础能力和开放	

3. 实践与探索	32
3.1 量产车辅助驾驶服务	33
3.1.1 信号灯信息服务	
3.1.2 超视距动态事件提醒	
3.1.3 防碰撞预警服务	
3.1.4 路侧BEV实时建图	
3.1.5 智泊引导AVP服务	
3.2 高等级自动驾驶	43
3.2.1 无人物流车	
3.2.2 远程驾驶	
3.3 技术试验成果	46
3.3.1 5G网络性能测试	
3.3.2 通感一体新技术测试	
4. 展望与建议	
4.1 展望	49
4.2 建议	50
5. 结束语	52
参考文献	53
缩略语列表	54



1.车路协同概述

车路协同概念最早开始于20世纪60年代，美国汽车三巨头之一的通用汽车，在新泽西州的普林斯顿市打造了一条电子化高速公路的测试跑道，车辆在这条测试跑道上可以实现自动启动、加速、转向与停止，全程没有人工参与，这被业内视为最早的“车路协同”方案。

在新一代信息通信、大数据、人工智能等高新技术的加持下，车路协同在近几年呈现出爆发式发展态势。一方面车路协同被赋予了缓解交通拥堵，提升交通效率、交通安全的期望与使命；同时，随着车辆智能驾驶和网联化技术的发展，国内外的研发主体在不断提升单车智能自动驾驶能力的同时，对车路协同模式的自动驾驶也开展了新的探索，并演进出现了车路协同自动驾驶这一新的自动驾驶技术路线。

1.1 车路协同的发展现状

1.1.1 车路云一体化技术路线成为充分共识

车路协同是由人、车、路、云等一系列交通参与者按需开展不同层级协同配合与合作的过程。早期的车路协同主要服务对象是驾驶员，为驾驶员提供各类安全辅助信息进行预警和提醒，充分保障交通和驾驶安全；随着车辆智能化水平的提升，车路协同的服务对象从人换成了机器或系统，服务内容也从驾驶辅助演进到了辅助驾驶或协同驾驶，如协同定位、协同感知、协

同决策规划甚至协同控制等。

车路协同系统最典型的特征是人、车、路、云等全部交通要素的一体化，如图1.1所示，系统中的交通参与者、交通运输工具、交通基础设施和交通环境不再只被看作一个简单的对象，而是具有自主身份且可具备信息交互功能的数字孪生体，形成一套能够连通信息空间与物理空间，基于数据的自由流动构建状态感知、实时交互、科学决策、精准执行的闭环赋能体系。车路云一体化的车路协同系统不仅可

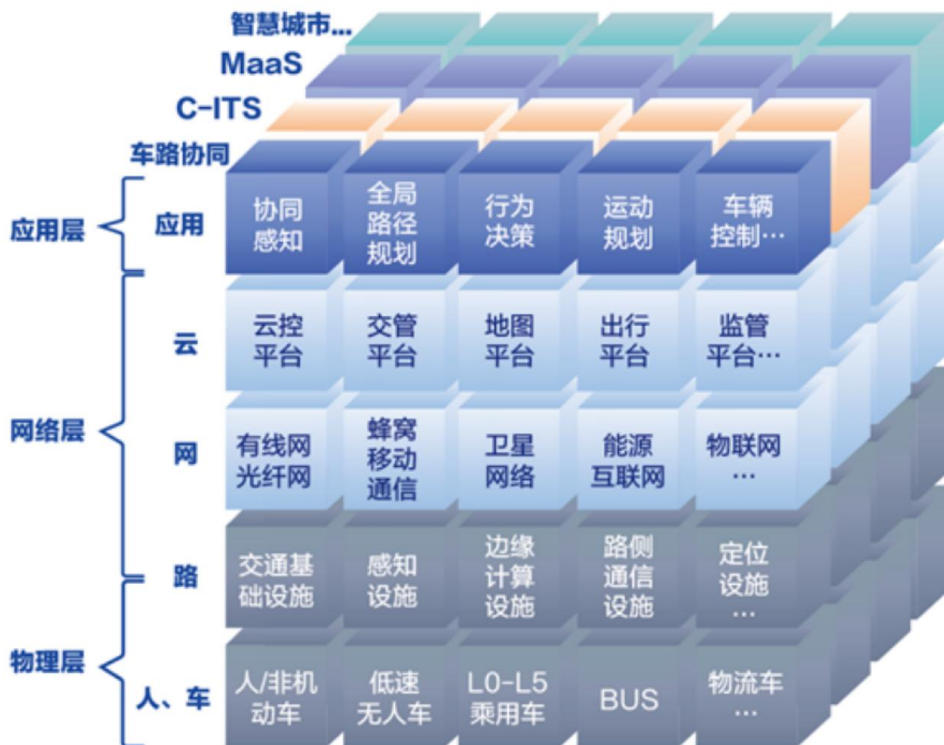


图1.1 车路协同要素示意图

以支持自动驾驶计算、感知、决策、控制的一体化，实现一体化感知、一体化决策规划和一体化控制；还可以实现自动驾驶、智能交通跨行业应用一体化，支持业务不断迭代和创新发

1.1.2 自动驾驶逐步从网联化向车路协同发展

自动驾驶是人类一直追求的发展目标。综合来看，当前配备先进辅助驾驶系统功能（Advanced Driver Assistance System, ADAS）的L2等级智能网联汽车仍然是市场主力，正处在加速量产阶段；L3以上高等级自动驾驶也已经实现限定场景下的规模化运营服务。

L2等级智能网联汽车方面，截止2022年6月，全国1-6月累计乘用车销量1035.5万辆，其中L2及以上等级智能网联汽车销量187.3万辆，渗透率达到20.2%；全国1-6月累计新能源乘用车销量260.0万辆，其中L2及以上等级新能源智能网联汽车销量112.3万辆，渗透率高达43.2%。高等级自动驾驶方面，优先在人车混行较少、红绿灯设置合理、交通规则遵守意识较强的区域和环境实现了商业落地，比如高速、港口、园区、固定路线等限定区域的接驳、清扫车、自动驾驶出租车等场景，以在自动驾驶出租车为例，百度自动驾驶出行平台“萝卜快跑”已在北京、上海、广州、深圳、成都等10多个城市提供自动



图1.2 车辆网联化示意图



驾驶出行服务，累计出行订单量已超过300万；全球范围来看，GM Cruise、Waymo等企业也在探索自动驾驶出租车商业运营。

尽管自动驾驶通过测试里程积累和持续技术迭代，自动驾驶的安全性越来越高，ODD限制也越来越少，但自动驾驶的终极发展目标是在充分保证安全的基础上，实现完全无人化自动驾驶，并达到大规模运营级别，这就对自动驾驶的安全性、可用性和可靠性提出了更高要求。为了应对解决自动驾驶技术和产业化发展面临的瓶颈问题，自动驾驶在单车智能的基础上，又演进出现了车路协同自动驾驶的技术路线。所谓车路协同自动驾驶，是指在单车智能自动驾驶的基础上，借助4G/5G和C-V2X通信技术，将“人-车-路-云”交通要素有机地联系在一起，实现车与车（V2V）、车与道路（V2I，主要指道路各类系统和设备设施，如感知设施、气象检测器、状态监测设备、交通诱导

与控制设施等）、车与云（V2N，地图平台、交管平台、出行服务平台等）和车与人（V2P）等的全方位协同配合（如协同感知、协同决策规划、协同控制等），从而满足不同等级自动驾驶车辆应用需求（如辅助驾驶、高等级自动驾驶），实现自动驾驶安全、便捷、舒适、高效发展目标。

1.1.3 智能化道路建设取得显著成果

正是由于车路协同跨行业跨领域互联互通的属性，以及所代表的关键技术和产业意义，国家或地方政府层面大力支持车路协同技术创新应用和产业化布局建设。在城市交通方面，国家或地方批准设立各类网联示范区和先导区（如表1-1），着力提升道路的数字化和智能化水平，实现车与路“双向奔赴”。

表1-1 国家级智能网联汽车先导区/示范区

类别	城市	名称
车联网先导区 /示范区	无锡	江苏（无锡）国家级车联网先导区
	天津	天津（西青）国家级车联网先导区
	长沙	湖南（长沙）国家级车联网先导区
	重庆	重庆（两江新区）国家级车联网先导区
	湖北	湖北（襄阳）国家级车联网先导区
	浙江	浙江（德清）国家级车联网先导区
	广西	广西（柳州）国家级车联网先导区
	长三角三省一市	国家级长三角区域车联网先导区
	苏州	苏州车联网先导区
	南京	南京市省级车联网先导区
	柳州	柳州市车联网先导区（在建）
	北京	北京市高级别自动驾驶示范区（注：全球首个）
	北京、河北各地市	国家智能汽车与智慧交通(京冀)示范区
	长春	国家智能网联汽车应用（北方）示范区
	上海	国家智能网联汽车（上海）试点示范区
	武汉	国家智能网联汽车（武汉）测试示范区
	杭州、嘉兴	浙江5G车联网应用示范区
	广州	广州智能网联汽车与智慧交通应用示范区
	重庆	国家智能汽车集成系统实验区（i-VISTA）
	上海	上海临港智能网联汽车综合测试示范区
上海	上海基于智能汽车云控基础平台的“车路网云一体化”综合示范	
测试区 /基地	长沙	国家智能网联汽车（长沙）测试区
	无锡	国家智能交通综合测试基地（无锡）
	成都	中德合作智能网联汽车车联网四川试验基地

类别	城市	名称
测试区/基地	北京	北京通州国家运营车辆自动驾驶与车路协同测试基地
	重庆	重庆车检院自动驾驶测试应用示范基地
	西安	长安大学车联网与智能汽车试验场
	泰兴	智能网联汽车自动驾驶封闭场地测试基地（泰兴）
	襄阳	智能网联汽车自动驾驶封闭场地测试基地（襄阳）
城市智慧汽车基础设施和机制建设试点：宁波、泉州、莆田、武汉、德清、广州		
智慧城市基础设施与智能网联汽车（“双智”）协同发展试点：北京、上海、广州、武汉、长沙、无锡、重庆、深圳、厦门、南京、济南、成都、合肥、沧州、芜湖、淄博		

在公路交通方面，各地方积极尝试在公路交通的部分路段开展车路协同基础设施建设及应用示范，相关项目超过17个，例如延崇高速、京雄高速、京沪高速、沪杭甬高速、成宜高速等。

1.1.4 车路协同应用从局部测试示范走向城市级规模化

车路协同应用可以划分为3个发展阶段，在第1发展阶段，以LTE-V2X为核心的直连无线通信可以支持车与车、车与道路之间进行直接通信，实现较为基础的消息提醒和安全预警类应用；而第2发展阶段，则是在C-V2X车路云高效通信的基础上，以人工智能（Artificial Intelligence, AI）和边缘计算应用为核心的路端感知技术，可以发挥

路端视角好、观测时间长、易部署等优势，解决AV遮挡、盲区、不利照明、极端天气相关感知长尾问题，扩展AV的感知范围，提升AV的感知能力，进而保障车辆安全高效行驶；到了第3个发展阶段，在车路协同感知的基础上，依托泛在互联的基础设施，还可以进一步发挥路端和云端全局性优势，支持实现协同决策规划和协同控制等应用，全方位保障自动驾驶安全连续运行。

我国车路协同第1发展阶段已经开展了大规模测试验证与示范应用，目前处在第2发展阶段，车路协同感知相关理论研究、技术验证和标准制定已初步完成，正在加速走向规模化建设部署与应用。

1.2 车路协同的规模化离不开算力网络的保驾护航

面对车路协同的规模化发展趋势，车路云之间多种交通要素的泛在互联、人车城多类型海量数据的计算，车路协同基础应用的业务闭环，一体化运营运维体系的保障等需求越来越显著，急需一张泛在融合的网络来支撑车路协同的应用。



1.2.1 泛在融合的连接是基础

车路协同的基础是人车路云等多种要素信息的互联互通，需要泛在融合的连接、标准化的协议和接口、可靠的网络质量，满足车与车之间、车与路之间、车与行人之间的泛在互联。

1) 泛在融合的连接：车辆的高速移动性特点决定了服务场景的广泛性，需要有广域覆盖能力的网络为车辆提供信息交互服务，网络需要兼容车辆、道路、交通设施等设备的接入，有线、无线通信方式的接入，视频、图像、消息等多类数据的接入。

2) 标准化的通信协议和接口：车路协同系统中涉及的交通参与者众多，需要统一的协议和标准的接口。系统中涉及的参与方各自配置的通信设备存在差异，有行业级

的，涉及车辆、道路交通设施、交警交管类设备等；有消费级的，如行人手持或可穿戴设备等。跨行业、跨领域的设备互联需要制定统一的通信协议和标准接口，并通过泛在融合的网络实现各设备之间的信息交互。

3) 可靠的网络质量：车路协同系统需要可靠的网络QoS来保证信息服务的准确性和实时性。涉及上行大带宽能力、分级的时延保障、网络的稳定性和低丢包率、可配置的网络保障策略等开放能力。

4) 完善的网络及算力底座的容灾能力：车辆行驶与安全强相关，车路协同系统需要更加高效和稳定可靠的网络传输及算力底座，支持同城、异地灾备等多种容灾方案，确保单点设备出现故障后业务的快速恢复。



1.2.2 多级协同的算力是中心

边缘计算、AI技术和大模型等技术加速了车路协同的发展，并对算力的供给提出了更高的要求，准确评估车路协同中路侧感知数据处理、车端数据应用及智慧城市运营等的算力需求，是算力网络规划设计的关键环节，也是车路协同应用落地的关键。

1) 低时延多类型的算力满足路侧感知数据处理

路侧感知设施会生成大量的数据，包括道路上的视频数据、雷达数据、图片数据等，这些数据需要进行实时处理和分析，形成有价值的交通引导信息，以V2X消息的形式下发给用户终端。因此，需要持续稳定的计算能力来实现，同时满足算力可扩展、可复用能力，应对日常交通信息的潮汐效应。

2) 分级的大算力支撑车端数据应用

单车自动驾驶模型训练需要将Corner Case中车辆数据、车载摄像头图像和视频等数据上传到边缘侧进行数据清洗筛选等操作，需要多样化算力供给；同时处理后的数据需要上传云端做模型的训练，因此需要大规模的计算型算力；高精地图的制作和分发需求综合性算力。

3) 智算和超算为智慧交通提供大模型训练

为了优化交通流量、降低交通拥堵，需要部署和训练复杂的交通模型，例如预测模型、路径优化模型和交通流模型，训练交通模型需要大量的计算资源，特别是深度学习模型，这些模型可以用于交通预测、拥堵管理、智能交通信号灯控制等任务。进行模型训练和学习需要大规模智算甚至超算资源。

1.2.3可信开放的业务服务能力是关键

车路协同包括安全等级要求很高的业务类型，需要可信的算力网络能力来保证信息服务的准确性和实时性，从尽力而为的网络向智能化的网络升级转变，向应用开放可信的业务服务能力。



图1.2 车辆网联化示意图

1) 应用的资源需求感知能力

车路协同应用需要的算网资源或能力支持，需要首先对应用的资源 and 能力需求做统计和建模，基于应用模型可以对终端发起的应用做标注，以便算网大脑进行资源的调度和能力的编排。

2) 网络状态和服务质量检测能力

无线网络环境多变，整体通信网络状况基于环境和业务接入等因素存在质量波动，较难保持全程全

网的统一QoS服务质量。需要网络状况的开放技术和服 务，提供实时网况的告知能力，便于网络中的业务终端从应用侧做出策略应对。

在业务运行中需要及时检测业务运行健康状态，及时发现和处理服务故障，同时具备uRLLC双连接能力，减少对用户的影响，并提高应用程序的可靠性和可管理性。

3) 服务能力开放

为解决车路协同走出示范区局限、路侧建设过程中软硬件不解耦、算力分散、企业间产品兼容性差等难题，保证车路云应用所需的网和算的资源泛在、智连、安全、可控，同时为了加速商业化落地，算力网络和应用服务能力的开放是必要的，用以支持车路协同的大规模应用与推广。

1.2.4统一的运维体系是保障

车路协同系统涉及的参与方众多，技术服务链条冗长复杂，需要明确统一的建设运营主体，打通设备、平台和应用间数据壁垒，并提供可持续标准化的应用服务。

1) 互联互通的技术体系

车路协同系统中各单元在互联互通方面还有很多影响或限制因素，比

如车辆数据开放应用、道路感知设施复用、道路信号控制数据使用、道路收费系统打通等，给一体化运营带来不便。

2) 一体化的运维服务保障

①统一的运维管理系统

路侧设施的硬件设备种类多样，部分设施迭代更新快，且需要稳定的电力等基础资源的保障，因此面向规模化应用，急需形成统一的设备工作状态监测和运维系统，实时发现定位故障节点和故障类型。

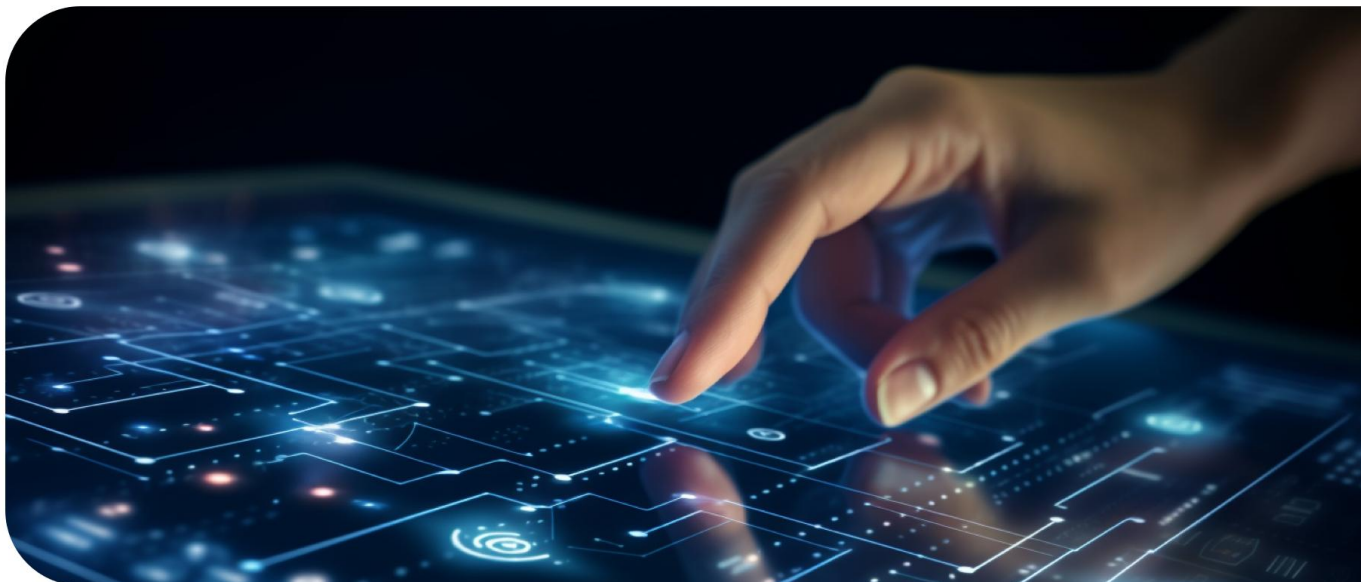
②专业的运维支撑能力和保障体系

运维团队需要熟悉系统内的设备运行机制，具有设备运维的专业

知识和相关经验积累，熟悉业务流程和环节。具备全国统一运维队伍和体系，覆盖从业务中心节点到业务现场的全体系统运维团队，做到故障实时处理和响应。

算力网络是以算为中心、网为根基，网、云、数、智、安、边、端、链（ABCDNETS）等深度融合、提供一体化服务的新型信息基础设施。面向车路协同广泛的业务需求，算力网络在提供算力和网络的基础上，将融合丰富的技术要素和业务能力为用户提供一体化服务，满足车路协同应用规模化的需求，实现车路协同与算力网络的融合发展。





2.车路协同的算力网络架构 和能力体系

车路协同业务通过现有网络架构和云架构难以支撑全量业务，规模化的发展急需构建新的架构，规划能力体系，实现车、路、云融合一体，网算融汇贯通，业务支撑能力融合开放，实现车路协同全要素在物理空间和信息空间的融合一体。

2.1 车路协同算力网络架构

车路云的融合一体需要端边云的协同架构，车和路作为端，是算力网络的服务对象，以融合的连接方式接入算力网络；边和云是算力网络承载业务的核心节点，边缘节点将逐步融合到算力网络整体架构中，构建多级融合的云基础设施为业务提供算力和基础服务。总体架构如图2.1所示。

2.1.1 聪明的车

聪明的车应具备网联化和智能化的能力，作为智能终端，以无线

网络的方式连接算力网络，既是算力网络的服务对象，也是算力网络服务的重要参与方。

①**网联化**：算力网络支持PC5、Uu多模态通信能力和多终端触达方式。车辆应支持多种车路通信模式和通信协议，包括但不限于基于Uu的4G/5G，以及基于直连无线通信的LTE-V2X、NR-V2X，考虑到V2X业务的短时延高可靠要求，以及5G支持RTK广播等附加优势，推荐车辆尽可能优先支持5G Uu；在触达方式方面，可利用车机、前后装T-BoX、OBU或其他智能终端，支持开展数据共享和多样化、个性化应用服务。

②**智能化**：CAV车端智能驾驶系

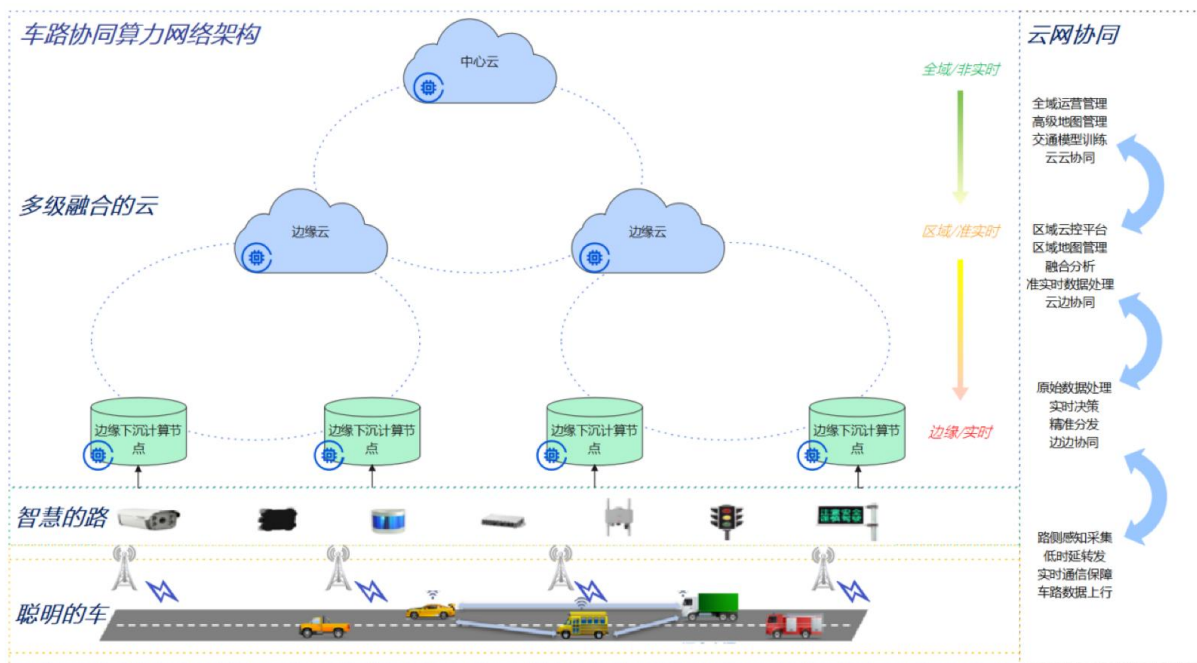


图 2.1 车路协同算力网络总架构示意图

统不仅可以解析处理V2X报文消息，借助HMI或其他方式为驾驶员提供预警服务，还可以进一步与车端智能驾驶系统的感知、决策规划及控制模块进行深度融合，全方位支持自动驾驶安全、连续运行。同时，借助与算力网络的智能化接口，实现车辆高算力应用在边缘侧的实时卸载，以及自动驾驶算法模型的训练和更新。

2.1.2 智慧的路

路侧主要包括各类基础设施和应用服务系统，其中路端系统包括感知系统、决策规划系统、信号控制系统、监控执法系统、收费系统等；路端基础设施包括定位设施、感知设施、通信设施、交通管理设施、交通安全设施及各类附属设施等。路侧设施可以通过有线或无线方式与边缘计算节点进行数据回传连接，同时需要边缘侧异构算力进行数据的识别和算法处理。

2.1.3 多级融合的云

中心云算力属于车路协同算力网络的高层，通过云专线南向连接边缘云算力，形成集中-分布模式的云边架构，中心云侧可具备超算和智算算力，具备全国级或跨地域的

服务能力，并具备云边协同的功能，端到端单向通信时延在100ms以上。中心云侧可承载各类大数据运算的业务和系统监控，如全域的规划决策信息，智慧城市大规模车路协同业务运营、交通治理、全域监控和整体系统状态监控中心；高级地图的制作、管理和更新，交通模型训练等。

边缘云算力属于车路协同算力网络的中间层，通过云专线与边缘下沉算力节点连接，形成南北向的云边结构，管辖的范围以地市级为主，端到端单向通信时延约15ms-30ms。边缘云可部署平台能力以适配不同的车路协同业务，且可以协同控制多个边缘云进行广域化管理，提供诸如：区域云控、区域地图管理、汽车数据云中的数据清洗节点、弱实时业务的数据处理、规划决策和精准分发等功能服务。信号灯信息、弱势交通参与者、道路拥堵提示、道路施工、车辆故障预警等信息服务。

边缘下沉算力节点属于车路协同算力网络的底层，部署于接入网层级之间，提供网联化低时延的算力供给，北向通过云专线与边缘云互通，南向通过有线或无线的方式与车、路互联互通，形成算力网络整体架构，端到端单向通信时延约10ms。



边缘下沉算力节点具备下沉式的低时延优势、属于运营商网络体系内的服务节点，具有完成的运营和运维体系保障。能提供本地场景感知的处理，并且具备低时延、降低路端的计算负载，降低整个网络的带宽开销等优点。针对实时业务提供低时延的业务保障，通过感知采集、本地融合计算、实时决策和精准分发，使得部分业务流无需经过边缘云即可实现闭环，为高等级自动驾驶应用提供低时延算力服务。在业务移动性能的保障上，边缘下沉算力节点基于通信域无缝衔接，应用层数据之间边边协同的方式提供连续性保障。

2.1.4 高效协同的服务架构

在总体架构下，以网络视角为主脉络，结合业务关联的算力节点和资源，对车路协同的业务支撑形式展开分析。

车路协同业务在算力网络内部

呈现“大”上行、“精”下行、多级多样算力的特征。

1) 大上行，车端和路侧的原始数据存在回传至边缘计算单元或者云进行解析、清洗、计算等需求。据调研，单车一天产生约20Gb的数据流量，路侧感知设备就摄像头类设备一天就产生约40Gb至80Gb的数据，可以推测在城市级别的车路系统中，一天产生的数据量呈现PB级别也不足为奇。如今，运用5G的Uu接口来实现数据回传已在诸多业务实现，提出了50Mbps-100Mbps左右的传输速率要求。如，在远程驾驶的业务中，驾舱需要实时回传路况实时画面，对上行带宽提出了严苛的要求；港口水平运输、混行提效等业务也存在上行大带宽需求；在无人驾驶场景中，无人小车需实时回传车端数据进行云端规控决策，对上行带宽有要求。

如图2.2所示，将车路协同业务分为实时、准实时和非实时三类进行算网内的数据流呈现。

实时类：车侧可通过5G_Uu回传数据至边缘下沉计算节点，数据一般包括感知数据和结构化数据，其中感知数据对上行带宽要求较高。路侧通过光纤方式或者5G_Uu方式回传数据至边缘下沉计算节点，数据一般包括感知数据，对上行要求高。实时业务或消息：上行感知原始数据，如摄像头、上行BSM消息、上行VIR消息。

准实时类：车侧可通过5G_Uu回传数据至边缘云，路侧通过光纤

方式或者5G_Uu方式回传数据至边缘云，两者数据类型同上，对云专线的带宽也提出了要求。准实时业务或消息：上行RSI事件上报消息。

非实时类：车侧可基于现有公众网络与中心云进行业务交互，路侧可通过光纤方式或者5G_Uu方式回传数据至中心云进行V2X服务。非实时业务或消息：SPAT消息、上行交通流量信息、设备维护管理消息等。

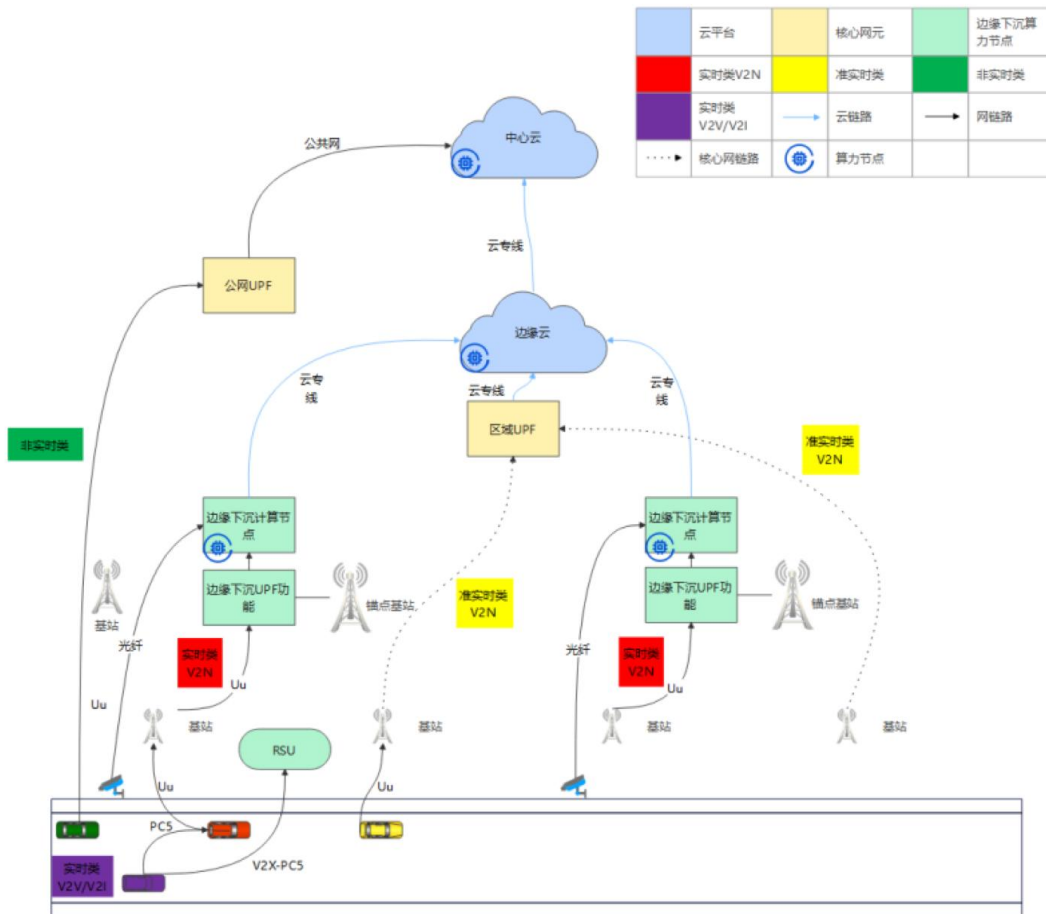


图2.2 多类型业务上行数据流示意图

2) 精下行，包含精准、高效和连续可靠的下行网络保障。如图2.3所示，车路协同业务的下行数据消息丰富，如SPAT、RSI、RSM、MAP等，需求集中在连续精准分发的问题上，还是以三类业务来划分：实时类业务基于车辆驻留基站进行同站业务分发，需要基站-传输-核心网与边缘下沉计算单元紧密配合，实现业务闭环。准实时类业务，考虑极限情况，车辆位于基站切换带中，边缘云下发的消息可通

过两个基站同时下发的模式保证业务连续性，满足业务时延基本需求。非实时业务，中心云计算的决策信息通过公网下发至车端，对于时延需求不敏感，类似于手机移动终端的业务模型。以上三类业务的下行分发均基于算网对车辆的位置精准定位，并结合5G核心网调度基站为车辆提供信息反馈。

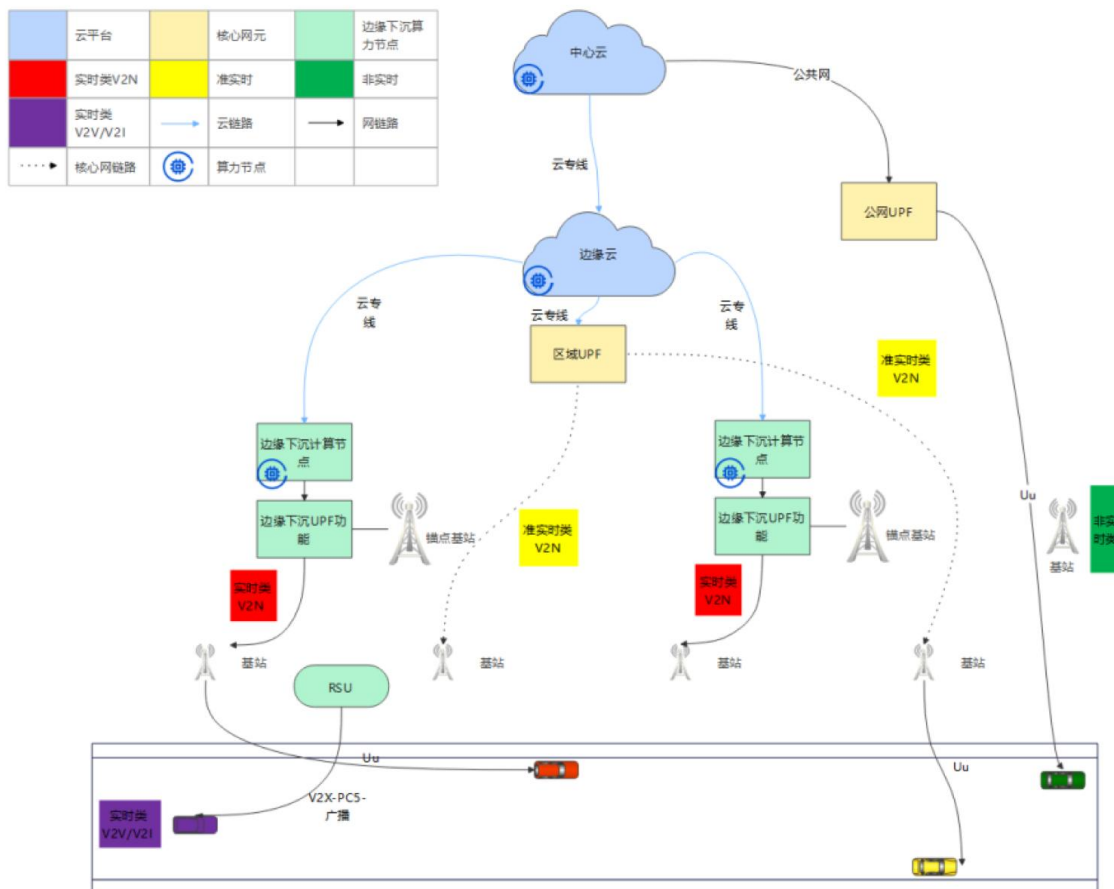
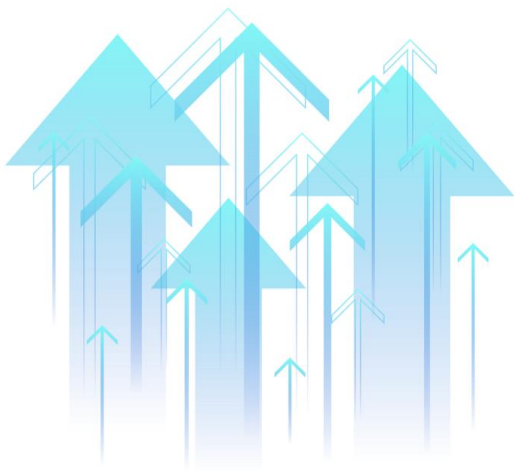


图2.3 多类型业务下行数据流示意图

3) **算力侧**：实时类业务与边缘下沉计算节点强相关，原始数据均回传边缘下沉计算节点进行就近解算，由于多为图像、视频、点云等感知数据，所以对于GPU算力产生了较大的需求。准实时类与边缘云强相关，但是原始数据可以在边缘下沉计算节点中解算，也可以在边缘云进行解算，所以边缘云侧需要部署GPU+CPU算力。非实时类业务一般依赖于中心云侧的交通大模型训练结果、全局高精地图和交通运管信息等，原始数据一般无需回传至中心云进行处理，只采用结构化数据进行回传的方式进行业务分析，所以中心云对于CPU算力和存储的需求较大。随着车路协同业务的丰富，对于算力的需求也将多样化，如异构算力、弹性存储和虚拟化等，算力网络也将不断适配和迭代。



2.2 能力体系

2.2.1 连接的融合和保障

1) 连接的融合

车路协同的连接需求广泛来自于人、车、路、云，包括多种形式，在车辆连接方面，存在车车、车路直连通信的PC5，及车路云通信的Uu；在涉及路侧数据回传的路云通信方面，根据传输光纤的触达条件可以分为基于有线的回传和基于Uu的无线回传。

针对路侧数据回传需求，基于运营商广泛覆盖的光纤承载网，提供触达路口的回传接入方式。来自路端各类基础设施（包括摄像头等感知设备、交通标识标牌、红绿灯等）的数据通过光纤线路回传到运营商的接入汇聚节点。针对工程现场光纤难以到达的路侧回传场景，可以通过5G Uu无线回传至接入汇聚节点。

针对车车、车路和车云通信连接需求，受功率、频点以及基建成本等影响，C-V2X直连通信模式无法独立实现广域连续组网，5G作为V2X业务规模化应用的基础承载网络逐渐成为共识。Uu和PC5作为通信双通道，紧密结合、互相补充，实

现全城全网覆盖，可保证车联网业务的连续性，有效满足“车-路-网-云”之间的高速信息交互与传输要求。通过两者的融合，既做到“前向兼容”，更有利于大规模的发展和应用，在适合的场景为5G网络做负荷分担。

①**增强热点区域的网络承载力。**通过引入C-V2X直连通信，补充5G在路口等热点区域的接入容量，实现在热点区域的流量卸载。

②**减少5G网络资源占用。**部分信息提示类应用，对不同用户发送

相同数据，存在数据重复性强等情况，该类车联网数据用蜂窝传输的价值密度相对较低。针对时空特性较强的业务数据，可通过广播方式做信息播发，减少5G网络资源占用。

后期随着5G网络能力的不断演进和提升，将探索和验证基于5G全Uu架构的车联网应用，在保障连续性覆盖的同时，通过5G空口的大带宽、低时延和高可靠能力，并结合行业基础能力提升V2X业务保障，基于5G网络基础设施的规模化成果，大幅降低V2X网络建设成本。

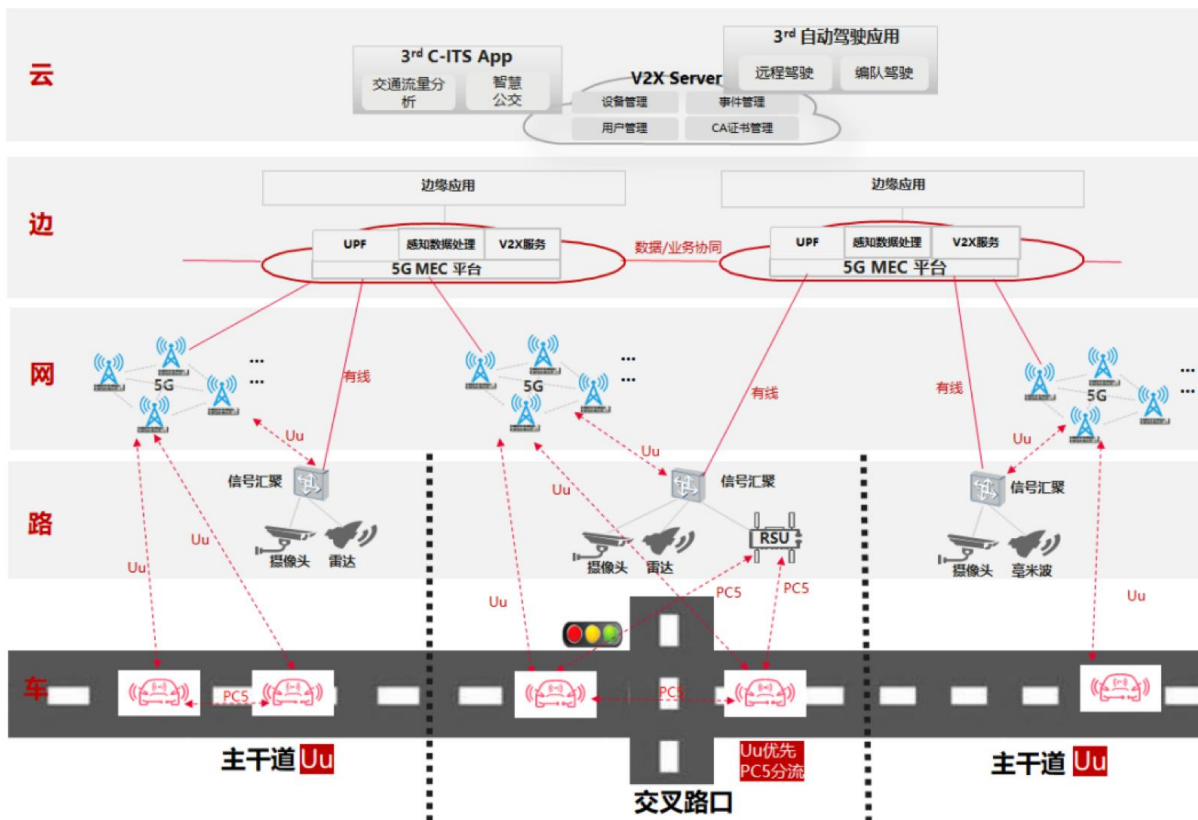


图2.4 V2X连接网络拓扑图



2) 连接的保障

车联网具有高移动性、业务类型多、业务连续性要求高等特点，对通信网络的服务质量保障有较高需求。为了满足车联网业务网络质量的需求，业界加紧研究端到端的网络质量保障方案，为用户提供更好的服务。

车联网网络质量保障通常包括“感知/监测、分析、决策、执行”等流程。在“感知/监测”流程中，可以在车侧引入网络质量探针，采集车载终端的设备状态、网络状态、业务质量等关键指标，对端侧数据和网络侧的数据进行联合处理，使面向用户感知的网络质量保障更为完善。在“分析”和“决策”流程中，可以引入轻量化运维等技术，以网络质量探针数据为核心，辅以随流监测、业务模拟拨测、分段拨测等方案，实现网络健康度评估、终端掉线以及网络/业务质量差等常见故障的粗定界和初定位，加快网络故障响应的速度。在

“执行”流程中，面向车联网业务在时延、带宽和确定性等方面的差异化网络需求，引入网络切片、QoS保障等关键技术，实现低时延、大带宽、高可靠性的网络性能保障。

① 业务连续性保障

5G做为V2X业务规模化应用的基础承载网络，通过组网和网络特性两方面来保障V2X业务的连续性。

组网方面，可以通过避免在道路路口设置小区切换带、降低重叠覆盖区、优化同频异频测量门限参数等方式来减少车辆触发切换的次数。

网络特性方面，可以通过DAPS(双激活协议栈)、CHO(条件切换)、L1/L2移动性增强、CoMP(协作多点发送接收)等5G增强特性，来最大程度降低因切换导致的业务中断时间，进一步保障V2X业务的连续性。

组网方面，可以通过避免在道路路口设置小区切换带、降低重叠覆盖区、优化同频异频测量门限参数等方式来减少车辆触发切换的次数。

网络特性方面，可以通过DAPS(双激活协议栈)、CHO(条件切换)、L1/L2移动性增强、CoMP(协作多点发送接收)等5G增强特性，来最大程度降低因切换导致的业务中断时间，进一步保障V2X业务的连续性。

对于热点路口等5G Uu和PC5共覆盖区域，V2X消息可以在5G网络负荷较大时，通过终端与边缘云控平台的应用级协同，将V2X部分业务卸载到PC5传输。

②业务性能保障

V2X业务对于时延、可靠性、容量等多方面指标都存在特定性能要求，可借助5G技术演进中的关键新特性从时延、可靠性等方面保障V2X业务性能要求。

1)低时延保障

车联网端到端的网络时延主要包含空口时延、传输/承载时延和核心网UPF设备处理时延，其中空口时延是低时延保障的重点。5G Uu在空口特性上引入了无线资源预调度、Mini-slot、uRLLC抢占等特性

来降低5G Uu的空口时延。

在传输承载时延方面，车路协同算力网络架构通过UPF和算力的下沉等架构优化手段实现业务的就近处理来缩短传输路径降低时延，满足低时延业务的性能需求。

2)高可靠保障

对于99.99%以下网络高可靠性的要求可以通过低码率传输/保守调度来实现；对于99.999%及以上的可可靠性要求，5G空口进行了一系列增强设计，以冗余资源换取高可靠性，包括引入低CQI/MCS特性提高了调制解调的容错性和数据传输的可靠性，引入PDCP复制、单卡双连接等技术特性提高数据的冗余从而提高数据传输的可靠性。网络可以多项特性结合来提高传输可靠性。

通过应用5G网络切片技术，为V2X业务建立端到端隔离的5G专网，并针对性部署上述低时延和高可靠性的5G特性进行差异化的QoS保障。



2.2.2 算力的供给和管理

1) 算力的供给

中国移动规划建设了一张覆盖全国的算力基础网络，由4+N+31+X组成。包括4个热点区域的算力中心，N个分布在大区的公有云算力节点和31个省级算力中心，并陆续在800多个地市建立边缘云。可以服务车联网业务多层级的算力需求。

4+N的中心云节点可以提供车路协同大算力和非实时类业务所需的算力资源；31省级节点和不断拓

展的地市节点共同构成区域云资源，可以提供车路协同准实时类业务所需的算力资源。

为满足车路协同实时类业务对于广域低时延算力的特定需求，在现有算力网络架构基础上，研究规划基于边缘云继续下沉的算力节点-边缘下沉计算节点。边缘下沉计算节点位于运营商的接入汇聚机房，可通过在现网5G基站基础上拓展算力单元的形式来实现，形成面向车联网的通感算一体化基站，一方面，可基于通感算一体化的边缘下沉算力部署“鬼探头”碰撞预警等

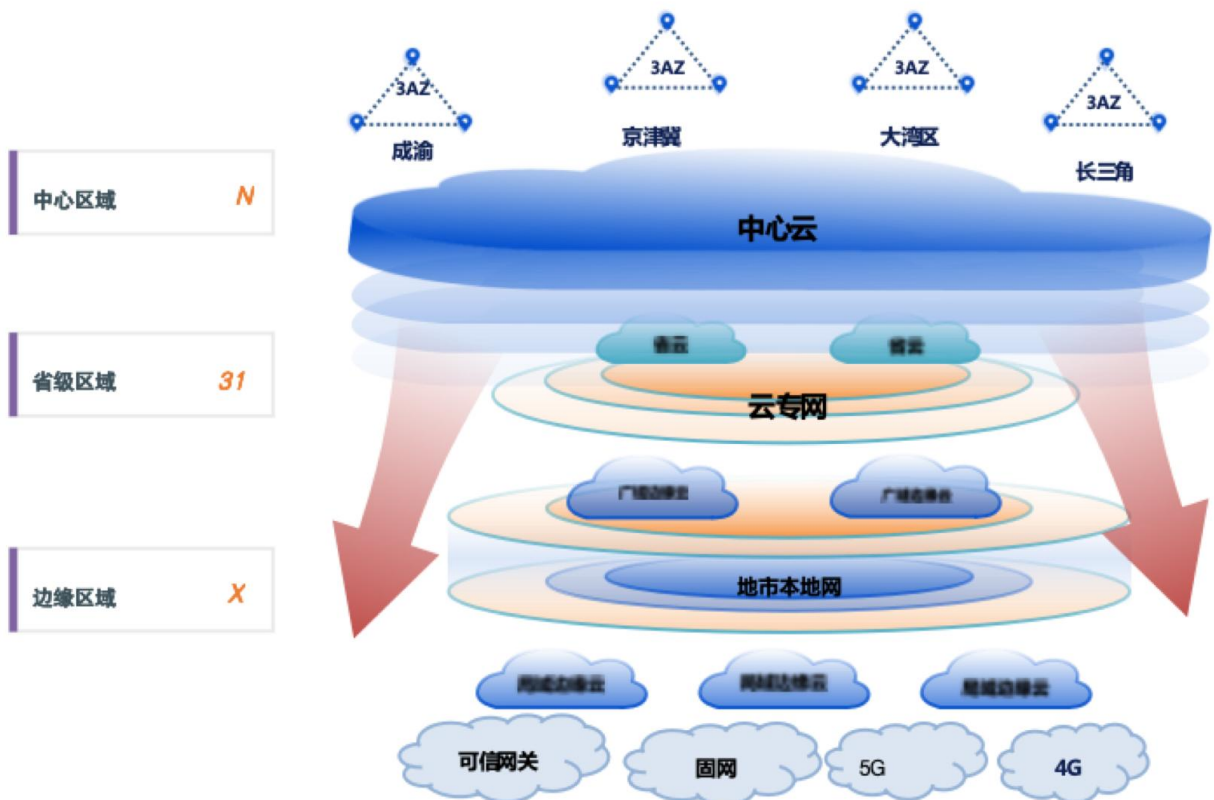


图2.5 算力分级部署示意图

高实时性业务，另一方面，基于5G-A通感一体新技术，边缘下沉计算节点升级后还将提供本地感知计算的实时感知处理的能力。

2) 算力的管理

算力网络规划了端、边、云多级节点，随着技术的发展和业务的推动，业务算力在端边云之间调配将更加智能化，多类型多架构的算力需求催生了端边云算力协同、内外部算力协同、智算和通用算力协同等需求，算力网络将构建超强算网大脑来实现算网资源和能力要素的统一编排、调度、管理、运维等。

算网大脑向上实现各领域原子能力组合和算网一体化服务支撑，向下实现泛在算力跨层、跨区域、跨主体融通和网跨域、跨专业拉通。算网大脑分为设计态和运行态，既要编排资源，也要编排能力和社会算力，要充分发挥运营商网络优势，实现对网络原子化能力的

充分调用。

边缘下沉计算节点的管理具有集中调度和分布式调度两种方式，做为算力网络的末端下沉节点，其算力资源将纳入算网大脑的集中调度；同时临近的多个节点之间可以共同构成算力池，通过复用5G低时延传输通道，可以实现算力、感知、业务的分布式协同调度。

2.2.3 行业应用基础能力和开放

基于算力网络基础设施和基础能力，面向车路协同行业的应用，需要从资源交互、信息交互、行业基础应用和业务保障能力等方面开展技术研究、新能力开发，并面向应用场景提供标准组件库和接口，开放服务能力。

1) 算网资源的感知和标注能力

车路协同应用的算力和网络资

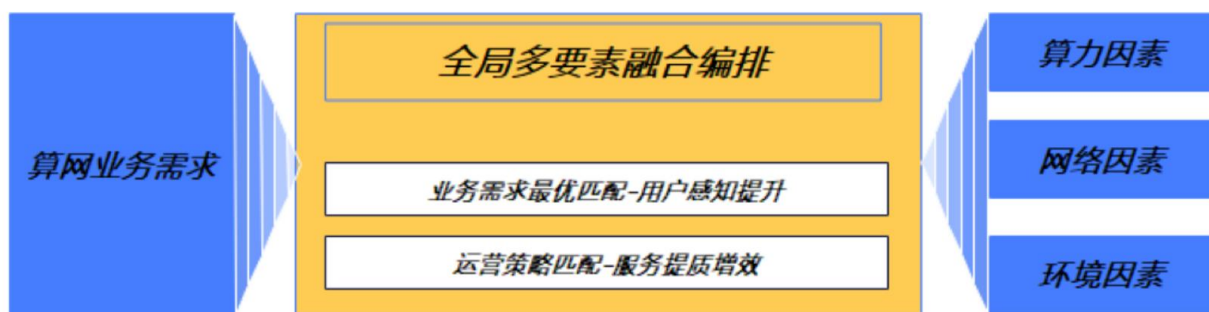


图2.6 算网大脑编排功能

源感知以及标注能力是为了确保系统的高效运行和数据的准确性，通过监测系统内的各类指标，完成应用对于算力网络的需求分析。

① 资源感知：

计算资源感知：车路协同应用需要了解可用的计算资源，包括处理器性能、内存容量和存储空间，以确定是否足够支持应用的运行和数据处理需求。

网络资源感知：应用需要感知网络带宽、延迟和稳定性，以确保及时的数据传输和通信，特别是对

于实时的交通信息和决策。

用户数据感知：对于移动设备（如车辆），如智能车应用需要感知电池电量和能源消耗，以优化计算和通信活动，以延长电池寿命。用户习惯数据，可以通过行为分析建立用户图像和适配算网资源。

② 资源标注：

计算资源标注：应用需要能够将任务分配到适当的计算资源上，以确保高效的数据处理和计算，避免算力或网络资源浪费。

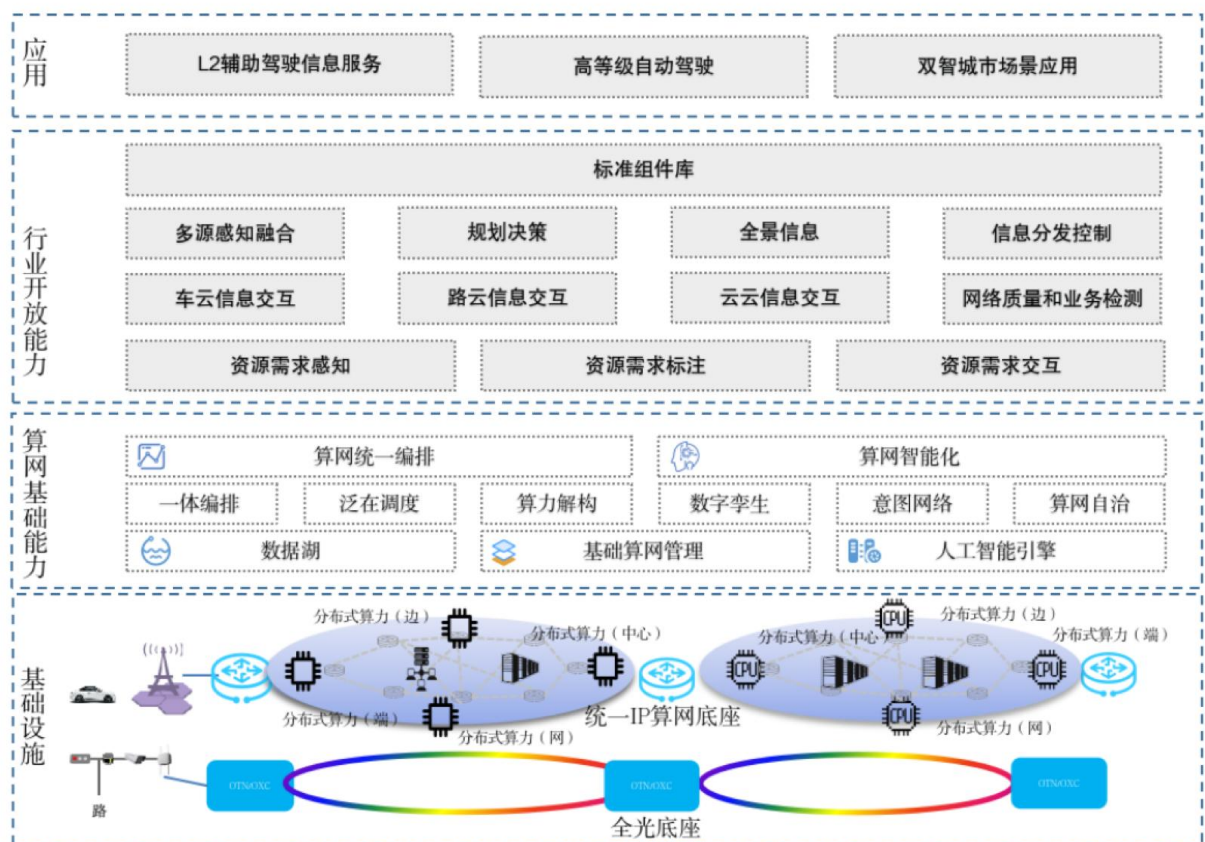


图2.7 基础服务能力架构框图

网络资源标注：对于数据传输，应用需要选择合适的通信通道和路由，以最大程度地减少延迟和提高可用带宽。

数据标注：车路协同应用可能需要对收集到的数据进行标注，以确保数据的准确性和可用性。以便更好地对数据进行分类和挖掘，不断提升数据价值。

算网资源感知和标注能力主要通过在网络架构中的各个算力节点植入监测软件，实现对算力任务流程数据的采集、指标分析和业务建模。涉及指标类型包括：算力指标、网络指标和业务指标。

2) 端边云的信息交互和业务协同能力

① 多层次的信息交互

虽然不同业务的时延需求不同，V2X消息在端边云生成的层级不同，但是都需要基于融合的网络打造统一的消息服务机制，基于5G通信层能力打造应用层的消息广播能力，与端侧设备形成消息交互闭环，从应用层与LTE-V2X形成统一的消息交互体系。同时在平台网关侧打造Uu和PC5的消息分发管理能力，实现基于统一平台的公网和专网一体化消息服务体系。边缘云之间、边缘云与中心云之间的信息交

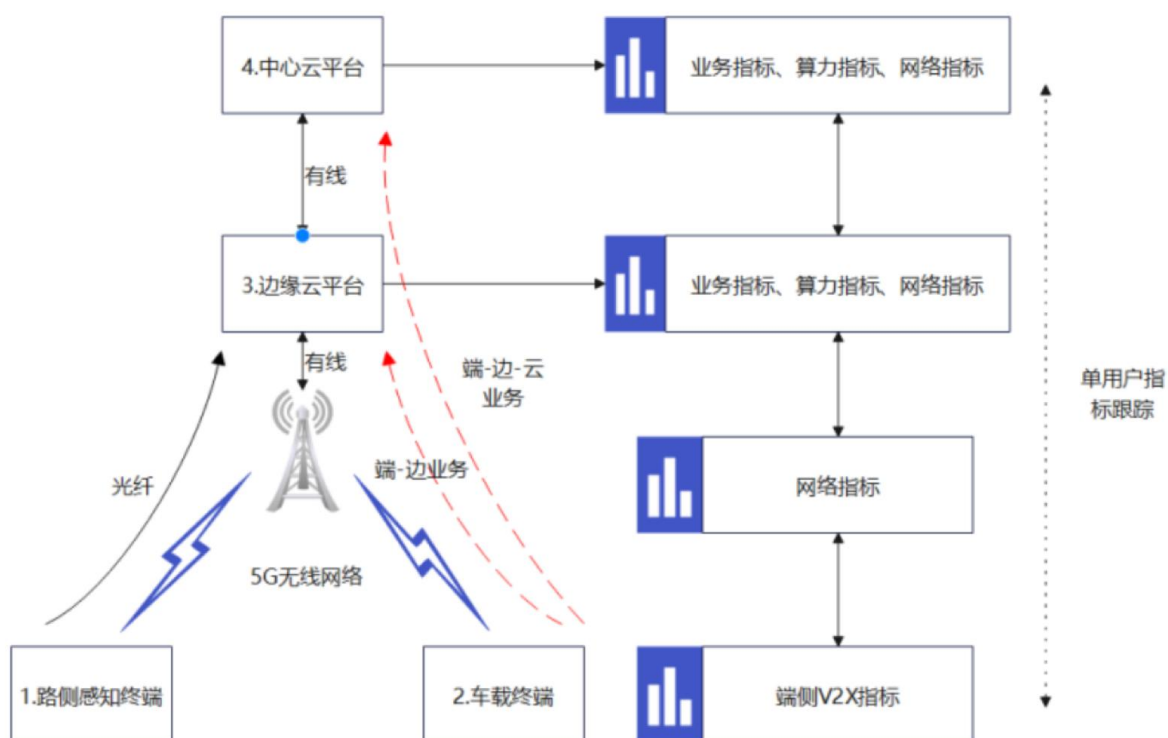


图2.8 算网资源感知和标注部署框图

互和协同保障服务的连续性。

端边云信息交换传输层协议有UDP、HTTP、MQTT等，在可靠性、安全性、实时性方面具有不同特点，可根据需要适当选用。建议加快协议接口标准的制定，提升工程实时效率。

② 云边/边边业务协同

基于算力网络的云边协同是指云端算力和边缘算力之间通过高效精准的网络传输，实现紧密协同而又分工明确的任务闭环机制。云边协同的关键在于服务的保持、精准的分发和高效契合的算力分配。

云边协同：云边协同是通过数据协同的方式，将来自车侧和边缘下沉计算节点侧的数据进行集中管理和分析。云端可以从边缘下沉计算节点侧获取车侧产生的数据，将其与云端已有的数据进行整合和分析，从而获得更全面、准确的信息基础。如大量数据为构建数字孪生路口提供了高质量的原始数据，通过汇总各个路口的交通数据，也能更准确地感知交通态势，就是一个典型的云边协同实例。

实时业务：依据车辆位置1对应源边缘下沉计算节点执行V2X算力任务，在算力域形成结论，通过通

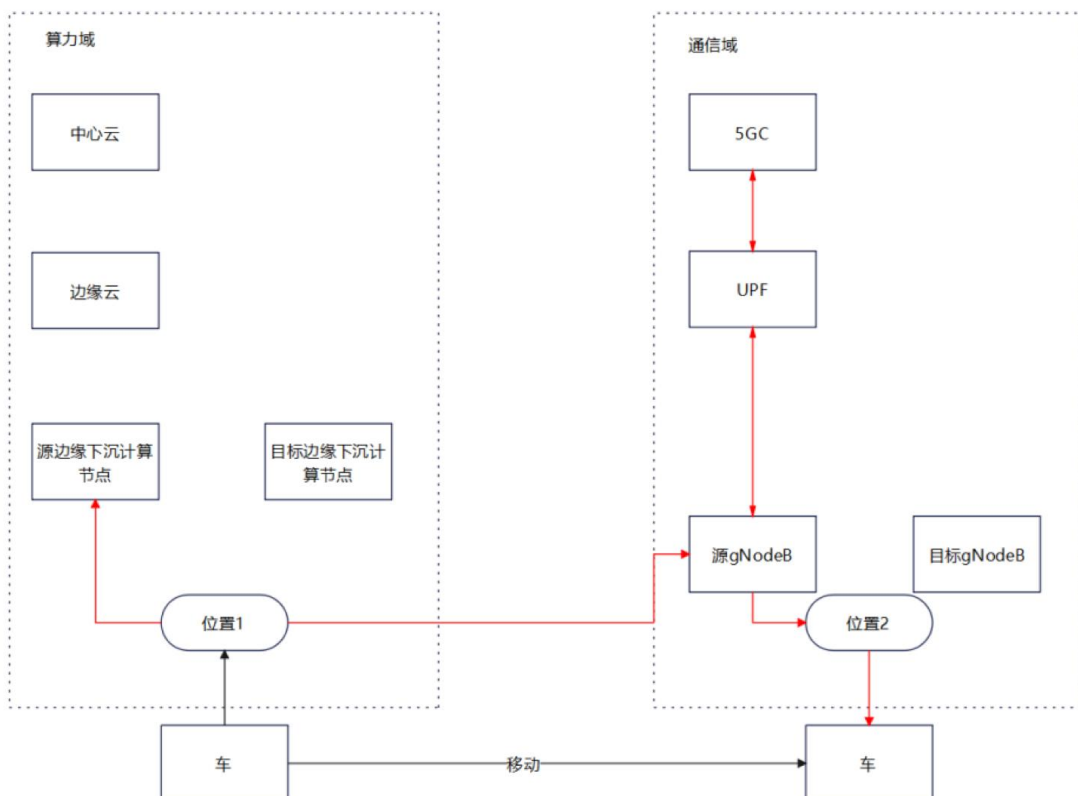


图2.9 云边协同-实时业务

信域对应位置2由原基站下发至车端。5GC与UPF主要负责用户的接入鉴权和通信保持（其中不含边界跨基站的情况），如图2.9所示。

准实时业务：依据车辆位置1分别对应源边缘下沉计算节点、边缘云派发V2X算力任务，如边缘下沉计算节点配置GPU算力处理原始数据，则边缘云应对上报的数据进行融合、规控和决策等CPU算力需求，边缘云生成事件数据上报中心云统一处理全局综合类任务。如边缘下沉计算节点仅透传数据，则边缘云运用GPU算力处理原始数据并

进行数据分析和融合计算。如涉及多个边缘下沉计算节点的运算，可通过边缘云汇聚数据。边缘云算力域形成的结论可以由边缘云节点基于车的位置2，协同通信域的基站下发至车端。通信域的5GC与UPF主要负责用户的接入鉴权和移动通信保持（其中不含边界跨UPF的情况）。

非实时业务：依据车辆位置1分别对应边缘下沉计算节点、边缘云、中心云派发V2X算力任务，主要由边缘下沉计算节点和边缘云进行原始数据处理和融合计算，对

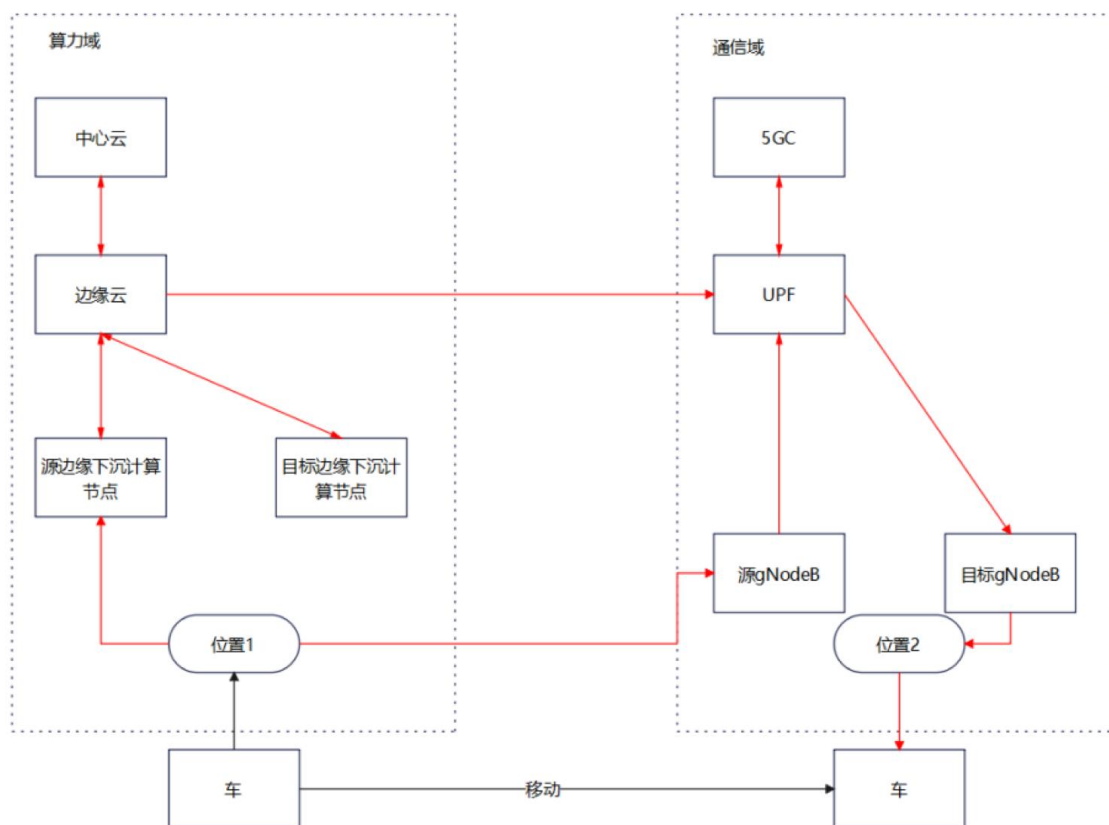


图2.10 云边协同-准实时业务

GPU+CPU算力提出需求，经过计算的结构化数据或者事件信息由边缘云上报至中心云，中心云处理全局任务，如交通灯信息、地图等。如涉及多个边缘下沉计算节点的运算，可通过边缘云汇聚数据。算力域形成的结论由中心云基于车的位置2，协同通信域的基站下发至车端。通信域的5GC与UPF主要负责用户的接入鉴权和移动通信保持（其中不含边界跨UPF的情况）。

边边协同：边缘下沉计算节点之间进行数据交互，通过边边协同可以更加精准地实现大范围V2X应

用业务，比如更大区域的绿波车速指引、提前感知前方道路异常以及获取特殊车辆信息提前预留车道。通信域更多负责业务的连续性保持，支持移动终端在小区间、基站间的移动性业务，减少车辆在移动过程中通信时延的损耗，实现切换过程中下行业务不中断，进一步保障V2X业务的移动性和连续性。

值得注意的是，在边边协同中，针对V2X业务恰巧位于基站覆盖切换带中的情况，可能只涉及跨基站执行业务，如图2.11所示算力域的结论可由2个边缘下沉计算节点

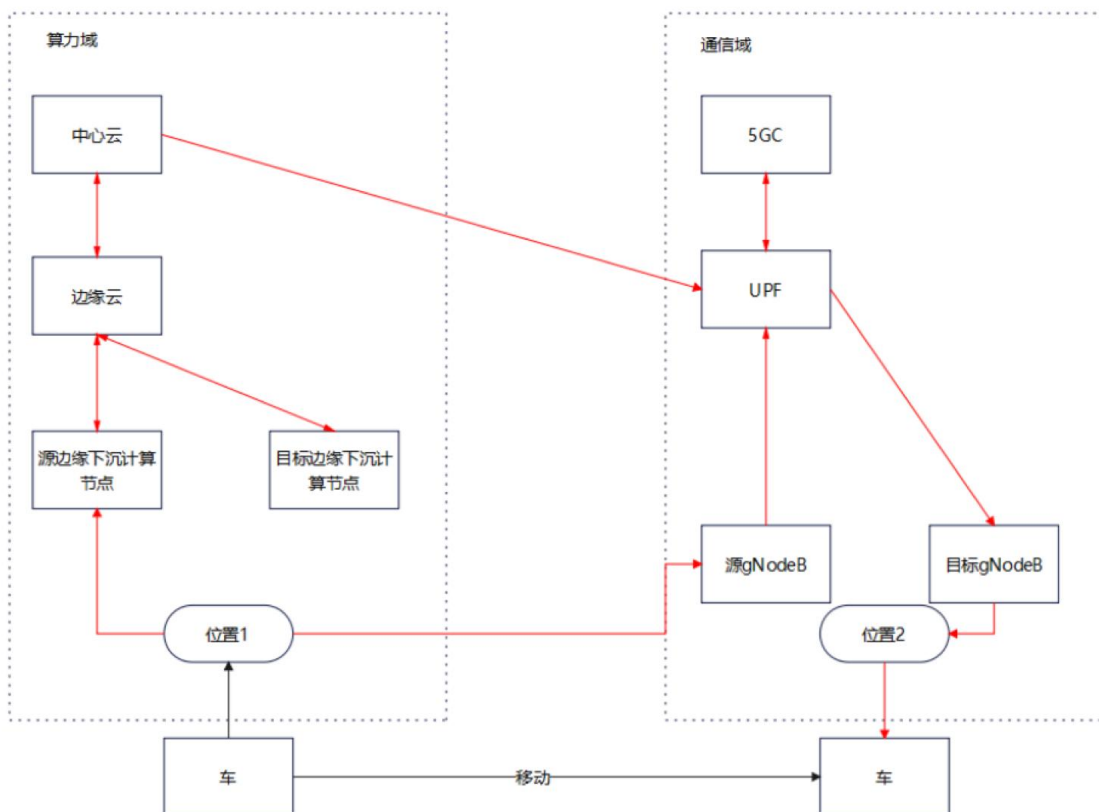


图2.11 云边协同-非实时业务

进行冗余化或双备份处理，通过通信域就近UPF或者下沉UPF功能锚定的目标基站发给车侧，也可能涉及UPF间的切换，此时如图2.12所示，在通信域内的5GC需要负责进行UPF指配，确定UPF2为接续服务网元，从而分配到目标基站进行结论下发，而算力域的处理方式与跨基站相同。

3) 网络和业务质量监测能力：

① **网络状态监测能力：**通过集中的云控平台，对广域范围内的V2X消息的收发情况进行实时监控，及时发现和解决网络问题，确

保网络的稳定性和可靠性。未来通过引入NWDAF以及NEF，针对车辆行驶路线上的网络状况进行分析预测，提前介入保障车辆高可靠低时延要求业务的QoS。同时，结合5G网络性能管理工具，包括带宽测试、延迟测试、丢包率测试等，以发现和解决潜在的问题，收集和分析网络性能数据，及时调整网络配置和优化网络性能，以提供一致的QoS服务。

② **业务质量监测能力：**用于监测和检测运行服务的健康状态的模块，它通过定期发送或执行特定

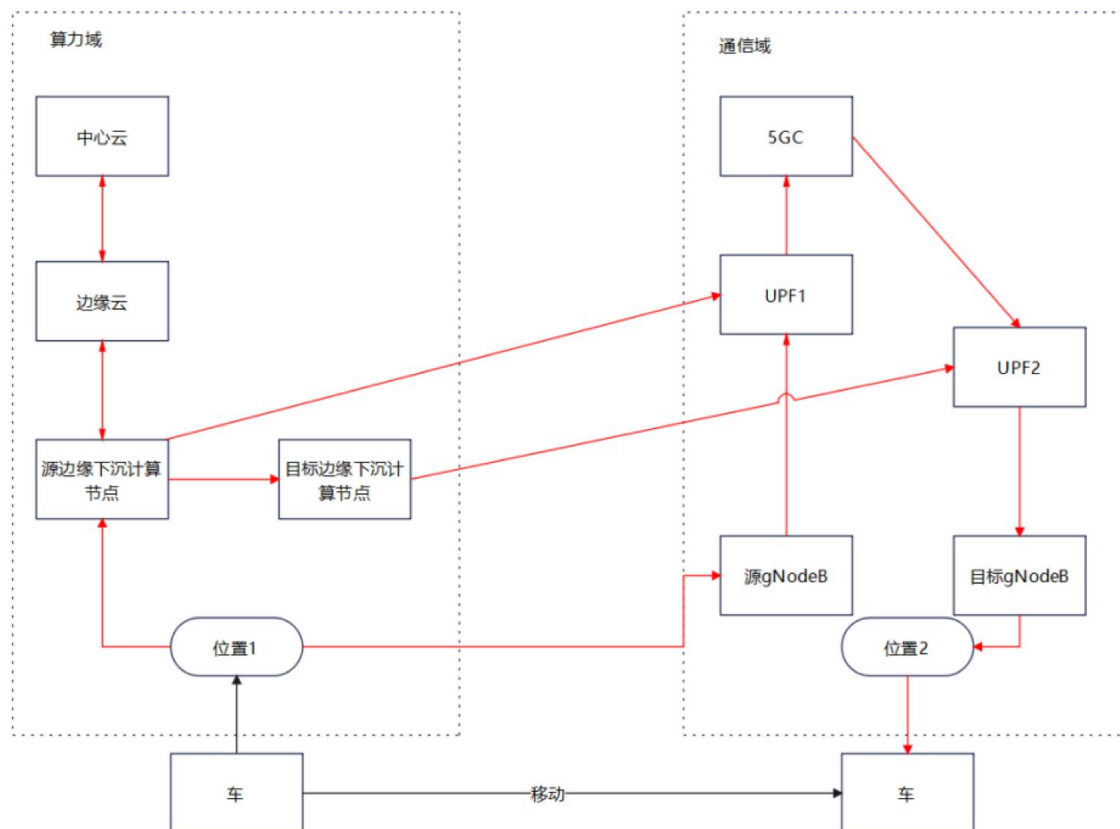


图2.12 边边协同

的操作来验证服务是否正常运行，根据结果确定服务的健康程度，监测模块可以由容器编排平台或应用程序自身的监控系统配置和管理，当发现服务异常时，可以触发自动重启、拉入/拉出负载均衡器等操作。使用服务检测模块，可以及时发现和处理服务故障，减少对用户的影响，并提高应用程序的可靠性和可管理性。

在车路协同业务节点的中心云服务节点、边缘云服务节点及终端等位置，均可使用服务质量监测实现对软件运行的监控，发现异常时进行自动重启等恢复操作。另外在设备之间也可监控对端运行状态，例如中心云服务器周期性向边缘服务器发送查询消息要求应答，检查其运行状态。

4) 开放服务能力

①算力网络服务模式

算力网络是以算为中心、网为根基，网、云、数、智、安、边、端、链（ABCDNETS）等深度融合，提供一体化服务的新型信息基础设施。算力网络在云计算 IaaS、PaaS、SaaS 的服务模式基础上，创新整合资源式、平台式、任务式服务模式，为客户提供更好的服务体验。

资源式：资源式服务是在云计算 IaaS 服务之上，深度融合网络服务能力，组合数据中心、基础设施等硬件计算资源和网络资源，组成云端基础设施，通过网络分配给用户使用。资源式服务使用时，需要客户提前预估资源使用量和使用时长，但无需选择位置，可根据预估结果包年、包月或者按量计费，选择价格最优方式订购。

平台式：平台式服务类似于云计算 PaaS 服务，为开发人员提供

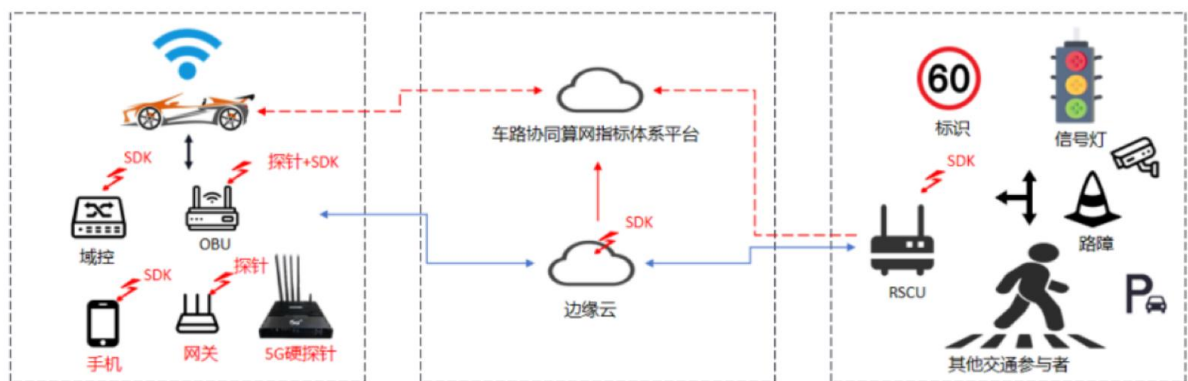


图2.13 系统采集方案概述



通过全域网络构建的服务平台，为开发、测试和管理软件应用程序按需提供开发环境。服务模式是将软件研发的平台作为一种服务，以 SaaS 的模式提交给用户。平台式服务使用时，提供的是开发环境和支撑平台，所以不再以用量和用时来计费，而是以用户数量、环境数量、功能模块等较为多元的方式计费。

任务式：任务式服务是一种为结果付费的新型算网服务模式，通过算网大脑分析客户实际业务需求，从海量资源中匹配调度最佳方案，完成任务并达到客户的预期。主要特点包括：通过算网大脑业务编排，自动生成解决方案，开通流程简便；通过智能算法寻找算网最佳资源，调度高性能、低成本的算网资源降低用户成本；通过业务和资源感知以及跨域弹性调度能力，实时监控，保障业务的健康状态和按时按量完成。

②行业能力开放

结合算力网络的开放服务模式，通过打通算力网络基础设施层、基础能力层打造面向车路协同行业的基础能力，并开放给行业应用调用。打造系统性多样化的标准接口，构建资源和能力整合封装的标准组件库，面向资源类、平台类和任务类的需求，提供一站式服务。

5) 运维的统一和完善

行业急需明确业务保障等级，设计业务质量保障评测体系，建立统一的运维监管平台。

①明确业务保障等级

参考电信运营商的网络保障等级划分，需要对车路协同的各类业务做保障等级的划分，确定保障要求。

②网络质量评测体系

为了对车路协同业务提供可靠的网络保障，建议业务承载在独立的专用切片上，并基于网络侧和业务侧分别进行质量评测。

网络评测：从网络评估颗粒的维度，需要涵盖5G无线站点级，小区级和切片级的关联指标；从评测内容上，需要涵盖无线网络覆盖，网络负荷，网络干扰，网络接入，网络切换，网络掉线，切片承载用户数，切片负荷，基站级算力资源占用情况等；通过5G网络的站点级/小区级/切片级质量评测，可以全方位有效评测5G无线网络环境的质量情况，为车路协同业务级评测提供基础网络的数据依据。

业务评测：从业务评估颗粒的维度，需要涵盖用户级的关联指标，识别出业务侧各类基础消息，

并能统计；从评测内容上，需要涵盖用户上下行业务的数据包时延，丢包，抖动，业务速率等核心感知指标，用以准确及时地评测用户的实际业务质量情况；通过业务级的感知指标评测，结合网络侧的关联指标评测，基本就可以给出网络的真实质量画像，为车路协同网络的规划、维护、保障提供数据依据。

③统一的运维监管平台

针对系统中运行的各单元，包括路侧各类设施，系统的各类数据源接口等，需要建立一个统一的运维监管平台，可以实时监控到系统运行状态，并对系统故障做到节点级故障定位。同时，有统一的运维响应体制，借助平台的统一工单系统，做到故障的及时响应和运维人员的按等级到场排障。

3. 实践与探索

基于对车路协同应用的探索和城市级车路云一体化算力网络方案的验证，本白皮书提出以下几种针对智能车辆的应用探索方向，对算力网络的时延、算力要求分布如图3.1所示。

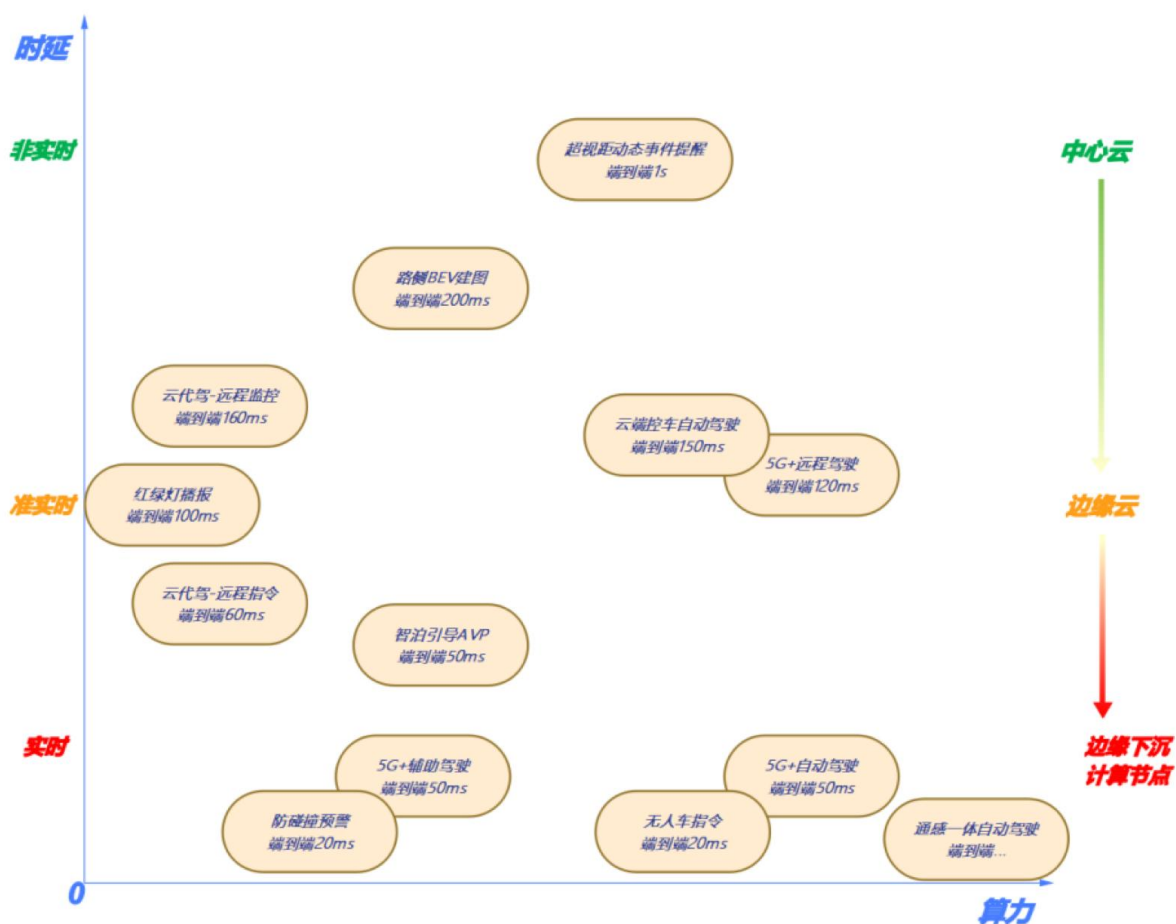


图3.1 网络和算力需求分布示意图

3.1 量产车辅助驾驶服务

面向量产车提供交通信息辅助服务，融合算力网络、大模型、AI等多种技术，持续探索并完善服务L2+智能车辆的能力，为自动驾驶车辆乘客提供更安全、高效的乘坐体验，提升交通运行效率。

3.1.1 信号灯信息服务

1) 需求描述

道路上经常会遇到异形、多语义或带倒计时的信号灯（如图3.2所示），自动驾驶车辆容易受到环境影响（遮挡、逆光）或自身感知能力下降（感知失效）的情况下，不能准确识别路口信号灯信息，导致出现闯红灯或者交通事故，降低交通效率。

2) 场景技术原理

一个区域内的红绿灯设备统一连接到边缘云，将红绿灯的灯态和倒计时信息传输至云端。当车辆行驶至路口时，可以通过云端和边端同时获取前方最多三个信号灯数据灯态和倒计时信息，车辆可以预测红绿灯的变化，合理安排车速和行驶时间，以避免不必要的停车等待时间。这样可以减少车辆的停车次数，提高行驶的连续性和效率。

3) 应用效果

与百度自营的“萝卜快跑”车辆协同验证结论，可以使自动驾驶运营车辆，订单平均等红灯时长占比从18%降低至10%，订单平均等红灯时长缩短54%。

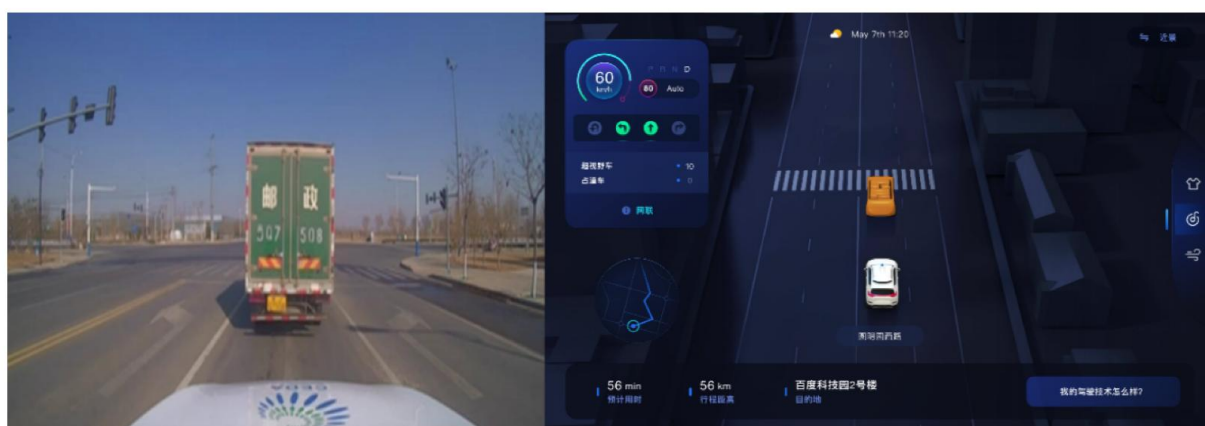


图3.2 信号灯遮挡场景

3.1.2 超视距动态事件提醒

1) 需求描述

单车感知距离通常为200-300米，部分特别高配置的可达500m左右。但车辆的全局路径规划一般覆盖数公里，车辆凭借自身感知能力不能预见前方视距外的情况，需要借助超视距的动态事件提醒辅助车辆提前进行路径规划判断。PC5的通信覆盖距离在路口附近100-200m，除车辆视角盲区外，基本上也在车辆自车感知范围内，做不到提前发现并提前影响车辆的路径规划，使用uu链路从云端获取数据可覆盖更大区域的事件提醒。

如图3.3“死车”场景，车辆前方有大车“死车” 停占两个车道，临

近路口车辆无法判断前方信息而停滞不前。

2) 场景技术原理：

通过车-路-云协同，为车辆提供高质量的超视距事件提醒，提醒范围为车辆行驶路径前方1km-2km。

车辆在行驶过程中，车端通过数据服务SDK向云端发送一段导航路径（500m-2km），通过接路侧/云端向车辆传输的行驶路径上发生的、可能会对主车产生影响的危险事件，由车端SDK传给车端发出警告提醒。

通过路侧感知会收到一定的覆盖率限制，为了进一步增强数据可用性和覆盖率，需要引入车-云数据闭环机制。通过将车辆产生的数据



图3.3 大车“死车”交通事件场景

上传到云端进行处理和分析，并将处理后的结果反馈给车辆，形成一个闭环的数据流动过程。通过融合来自不同数据源的数据，提供更全面、准确的事件集合和车辆状态信息，为车辆的决策和控制提供更可靠的支持。

等，以确保行驶安全和顺畅。同时驾驶员（或自动驾驶车辆本身）可以根据这些信息选择最佳的行驶策略，避免进入路况复杂的路段，避免意外接管带来的不便或安全隐患，减少驾驶员的驾驶负担和疲劳。

3) 应用效果

车端安全信息提醒包括了更多详细的信息，如前方事故的距离、事故占用的车道以及可能的消散时间等。帮助驾驶员（或自动驾驶车辆）更全面地了解前方道路状况和影响范围，做出更准确的决策，如是否改变车道、减速或选择绕行

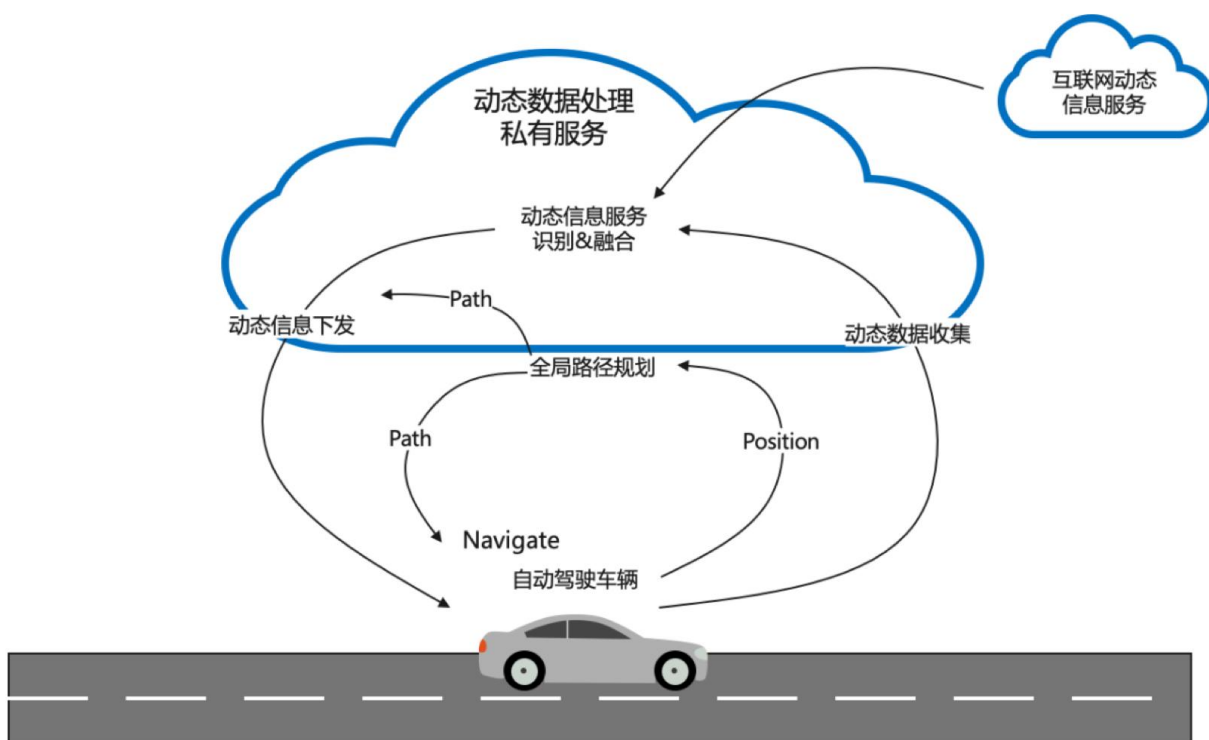


图3.4 车云数据闭环

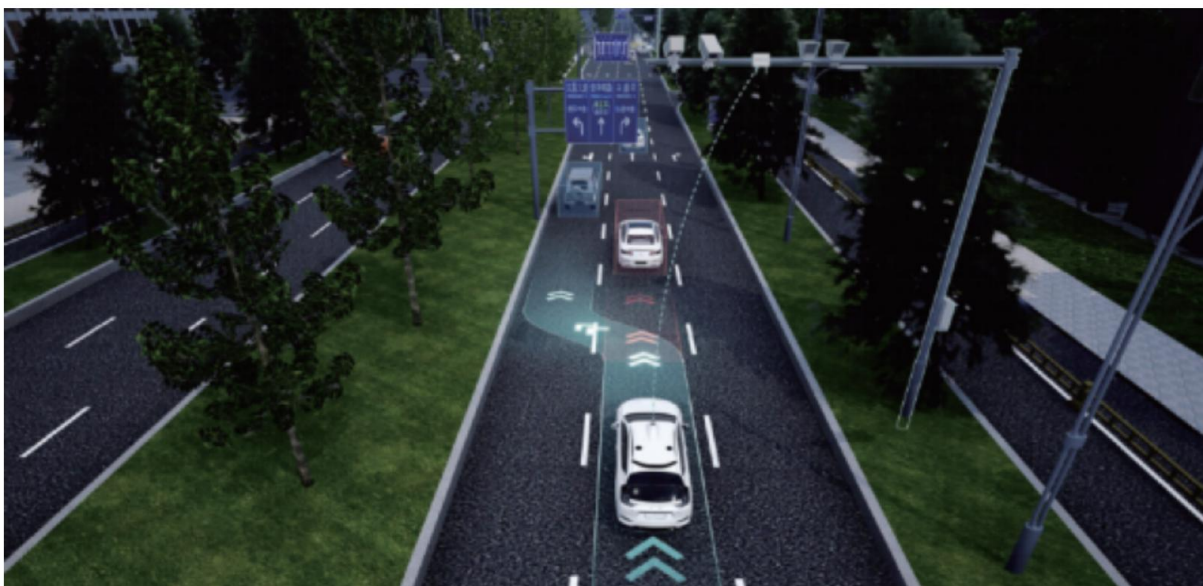


图3.5 “死车”预警，提前变道

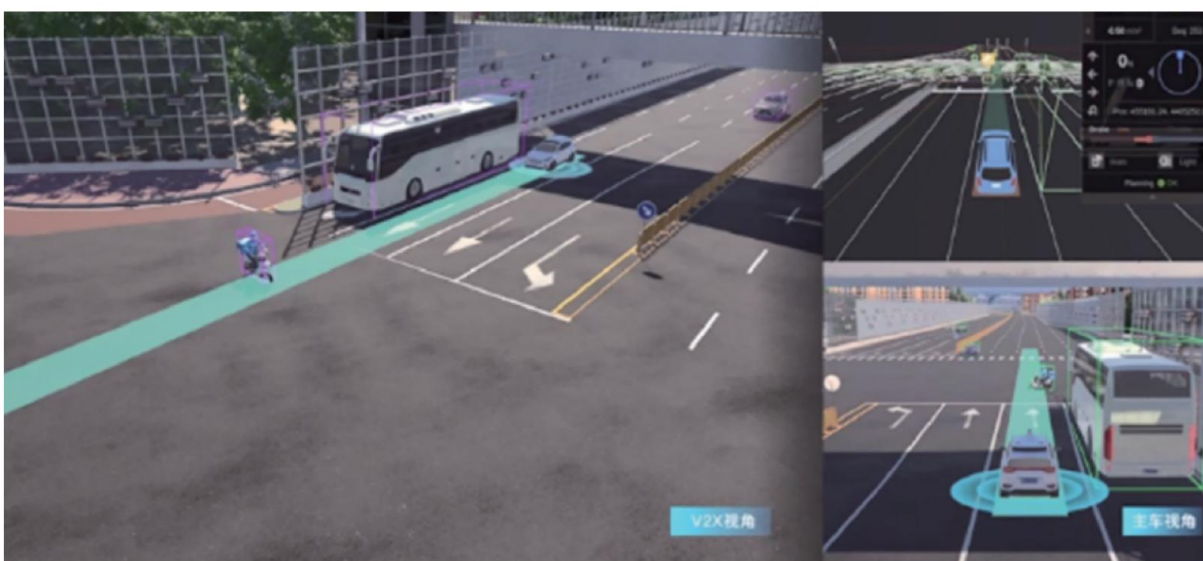


图 3.6 防碰撞场景示意图

3.1.3防碰撞预警服务

针对实际交通场景中经常出现的鬼探头场景，单车在前方视线遮挡情况下，很难及时发现突然闯入

的行人或单车。需要路侧感知的介入，并通过极低时延的业务响应，将碰撞事件预警转化为结构化消息下发到车。

中国移动联合合作伙伴基于算网架构中边缘下沉计算节点，通过基站级的下沉节点形态，形成通算网能力融合，将V2X消息通信直接基于5G基站级开展，验证了感知视频的回传，感知处理，结构化消息下发的全业务流程全链路。

在接入机房增加下沉边缘算力单元（含GPU算力卡），并部署本地分流、eFS感知分析、vRSU等服务能力；vRSU服务经接入机房通过传输骨干网百兆云专线对接云控平台；前端OBU和路侧网关的SIM卡签约ToB切片，接入网络后通过切片分流到边缘算力单元，算力单元将视频做感知分析后，生成RSM消息及时下发给OBU。

此次试验充分验证了5G网络对车联网典型业务场景的支持能力，以及基于5G的感知算力下沉新架构方案的性能优势，通过空口统一、通算融合的架构可达到更低成本、更优性能、更快部署的效果。

3.1.4路侧BEV实时建图

路侧实时建图，是指通过安装在道路两侧的相机等传感器来实时构建所覆盖道路的地图。经实践研究，在基础设施层面，路侧实时建图可以为车端提供更新更及时、更轻量化的路口地图。



图 3.7 遮挡和标识不清示意图

1) 路侧实时建图的需求

为了确切地掌握车辆的位置和周边环境，自动驾驶系统依赖高精地图提供精确的道路结构拓扑和地理信息。但高精地图的制作与维护成本高昂，其覆盖广度与更新速度尚不理想，成为行业的痛点。为了解决以上问题，自动驾驶系统开始利用多余的算力进行车端实时建图，尽管车端的实时建图功能强大，但它对AI芯片的要求较高，将不可避免地推高车辆的成本。此外，单凭摄像头和传感器可能难以准确捕捉到某些特殊路况，例如被遮挡的标志、污损的道路、重叠或模糊的道路标线，以及有许多遮挡物的盲区等问题。

总结起来，路侧建图具备以下几点优势：

长期定点观察检测：车端实时建图是在车辆快速移动过程完成的，这就要求自动驾驶系统需在瞬间理解所在位置的地图拓扑和交通场景。而面对一些复杂路口的场景，路侧实时建图系统，可以通过长期定点观察，多轮检测来理解交通道路场景，及时发现路口内要素变化，提高建图置信度，构建更安全可靠的地图。

视野好、遮挡少：相比车端感知设备，路侧相机是挂在高杆上，视野好遮挡少，覆盖范围更全、更广。



图 3.6 防碰撞场景示意图

算力资源：用路侧设备及边缘云计算可代替部分车端算力，让路“变聪明”，可大幅降低车载算力消耗，成本也能下降。

2) 路口BEV建图效果

在BEV和路侧图像中显示所有任务的可视化结果如图3.9，路侧与BEV融合，减少了路侧感知任务对感知设备内外参的依赖，能够更好地融合多传感器的特征，来精确感知路口静态道路要变更和动态障碍物移动，可以提供更直观、全面的

路况信息用于实时建图。

在边缘下沉的计算节点中，可对路侧传感器识别的车辆轨迹信息进行实时的挖掘分析，可以计算道路的流向、平均车速、与构建完成地图的差异等。利用轨迹挖掘的数据，可补充被遮挡的标志、污损的道路、重叠或模糊的道路标线等。如图3.10，通过分析挖掘发现大量的异常轨迹(逆行，黄色线所示)，实际情况是有施工封路，道路有了特殊变化。



图 3.9 BEV建图效果示意图

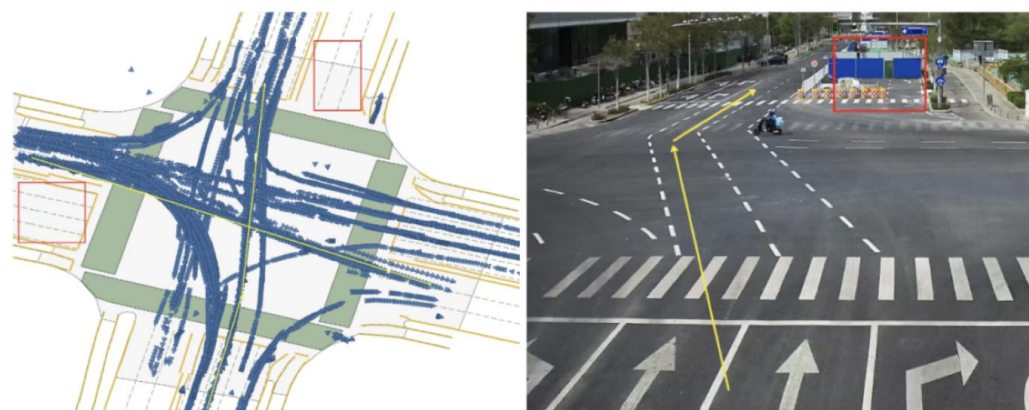


图 3.10 BEV事件识别建图效果示意图

3.1.5 智泊引导AVP服务

采用5G与C-V2X双网融合，以场端AI视觉识别、感知融合、协同规划技术为核心，为停车场实现智能化改造，面向L0-L4级别自动驾驶车辆提供场端泊车辅助信息服务，为车主提供车位预约、停车场车位引导、行车预警服务，有效提升停车效率、及停车场安全系数。

1) 端边云三级架构，算力网络赋能跨区域连续服务

智泊引导架构由场端、边缘云、中心云三级组成，形成逻辑协同、物理分散的算力网络。智泊引导系统平台以车辆、道路、环境等实时动态数据为核心，结合支撑云控应用的已有相关系统与设施的数据，为智能网联汽车与产业相关部门和企业提供标准化共性基础服务。其中，为更接近数据源，面向相机实时数据深度学习推理能力部署在边缘下沉的场端；边缘云主要

面向网联汽车提供增强行车安全的实时性与准实时性云控应用基础服务；中心云面向网联汽车提供提升行车效率和节能性的非实时性服务；三者服务范围依次扩大，算力合理分布，后一级统筹前一级，服务实时性要求逐渐降低，但服务范围逐步扩大，真正实现分层解耦，跨域共用。

2) 视觉AI感知全覆盖，盲区跨点位连续跟踪

在缺少GNSS定位信息的室内停车场，基于自研视觉AI感知定位算法，突破性将目标识别算法、AI视觉感知定位算法应用于停车场定位，以较低的成本解决传统停车场定位的痛点问题，目前定位精度达到±0.3m以内，处于行业顶尖水平。

面对封闭停车场景下，车辆互相遮挡、视觉感知盲区问题，突破性地通过时空对齐、滤波算法、融

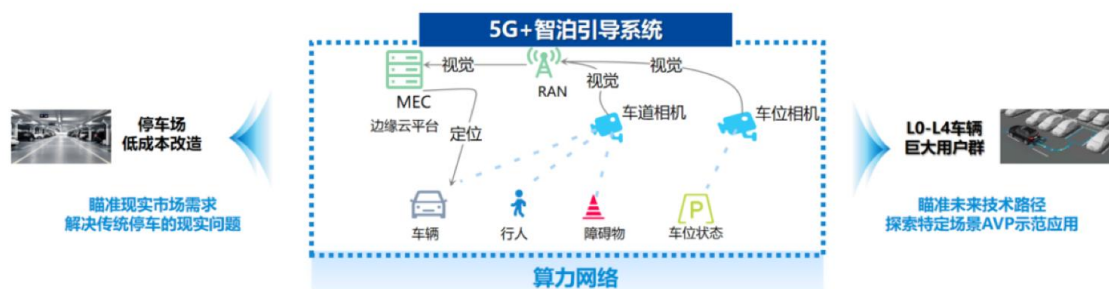


图3.11 智泊引导系统

合置信度模型算法，形成多类型设备融合、跨点位感知数据融合、车路数据融合，基于全景数据的轨迹预测算法，对识别的交通参与者位置进行实时推演，实现车辆在被遮挡或处于盲区情况下的连续跟踪，研发基于全景数据的轨迹预测算法，对识别的交通参与者位置进行实时推演，实现车辆被遮挡或处于盲区10s+连续跟踪，跟踪率 $\geq 99\%$ 。

1) 端边云三级架构，算力网络赋能跨区域连续服务

智泊引导架构由场端、边缘云、中心云三级组成，形成逻辑协同、物理分散的算力网络。智泊引导系统平台以车辆、道路、环境等实时动态数据为核心，结合支撑云控应用的已有相关系统与设施的数据，为智能网联汽车与产业相关部

门和企业提供标准化共性基础服务。其中，为更接近数据源，面向相机实时数据深度学习推理能力部署在边缘下沉的场端；边缘云主要面向网联汽车提供增强行车安全的实时性与准实时性云控应用基础服务；中心云面向网联汽车提供提升行车效率和节能性的非实时性服务；三者服务范围依次扩大，算力合理分布，后一级统筹前一级，服务实时性要求逐渐降低，但服务范围逐步扩大，真正实现分层解耦，跨域共用。

2) 视觉AI感知全覆盖，盲区跨点位连续跟踪

在缺少GNSS定位信息的室内停车场，基于自研视觉AI感知定位算法，突破性将目标识别算法、AI视觉感知定位算法应用于停车场定位，以较低的成本解决传统停车场

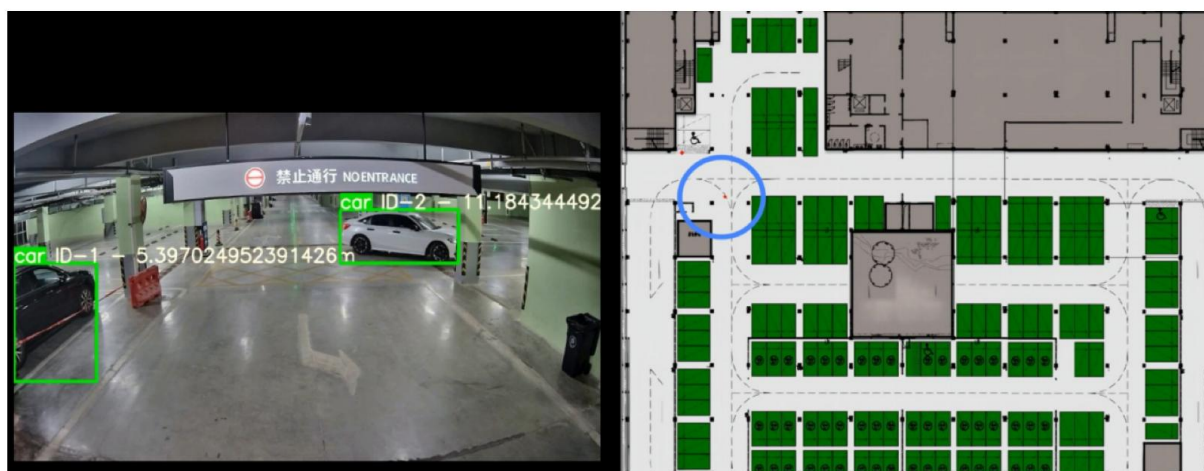
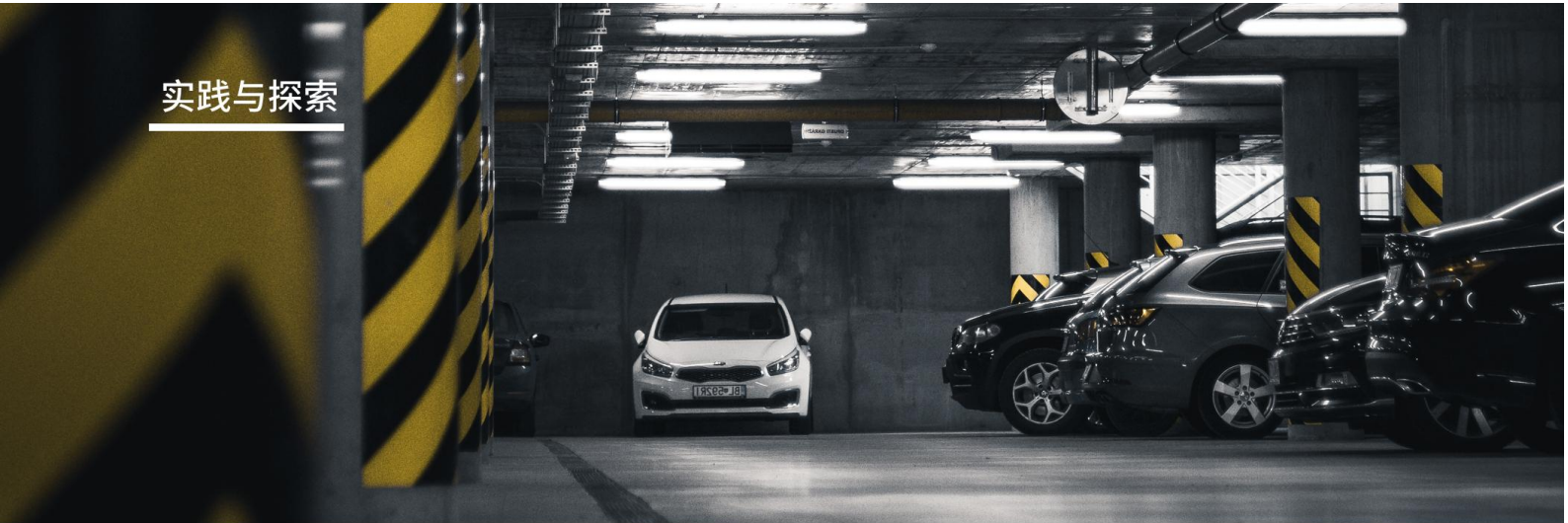


图3.12 视觉AI感知效果



定位的痛点问题，目前定位精度达到±0.3m以内，处于行业顶尖水平。

面对封闭停车场景下，车辆互相遮挡、视觉感知盲区问题，突破性地通过时空对齐、滤波算法、融合置信度模型算法，形成多类型设备融合、跨点位感知数据融合、车路数据融合，基于全景数据的轨迹预测算法，对识别的交通参与者位置进行实时推演，实现车辆在被遮挡或处于盲区情况下的连续跟踪，研发基于全景数据的轨迹预测算法，对识别的交通参与者位置进行实时推演，实现车辆被遮挡或处于盲区10s+连续跟踪，跟踪率≥99%。

3) 多车协同规划降低碳排放，盲区预警提高行车安全

基于实时交通流信息进行道路优先级更新，生成效率最优全局路径，支持多车实时路径规划，利用树结构优化多终点路径引导计算复杂度，实现停车场景下多目标复杂路径渐进式引导。以停车场为目的地

的驾驶路径规划，实现与路况、停车场使用信息动态联动，动态调控路网的交通流量分布，有效保证路网整体车辆碳排放量最低。

借助泊车场道路、泊车位布设的设备采集信息获取全场车位、车辆、行人、障碍物信息，对车辆的轨迹进行规划，将实时动态感知信息叠加呈现在App的传统地图上，引导驾驶员将汽车高效的开到指定的空闲车位。在沿车找位导航路径行驶过程中，能够提供超视距动态路况预警，对封闭场区内不同危险情况迅速识别，包括盲区行人、超速车辆、逆行车辆等危险状况，实时识别、定位、上报管理平台，行人车辆信息实时推送，车路信息实时交互等服务，为驾驶员提供数字化全息视角确保驾驶员安全。

智泊引导技术已于上海、武汉、江苏、云南、安徽等多个省市实现约9个停车项目落地，有效解决“停车难”、“监管不足”等问题，实现车路协同规模服务在双智协同发展下的应用和场景创新验证。

3.2 高等级自动驾驶

3.2.1 无人物流车

中国作为世界上最大的电商市场和物流市场，对于无人配送技术有着巨大的需求和潜力。近年来，中国在无人配送技术方面取得了显著的进展和突破，多家企业纷纷投入研发和试点运营，探索新的商业模式和应用场景，当前，已在多个城市实现了规划化运营，预计未来三到五年，无人物流车需求将达到10万辆级规模，产业迈入千亿级产值，是自动驾驶行业率先规模化落地的赛道，带动上下游万亿级产业

发展进入“快车道”，形成世界领先的无人配送自动驾驶生态链。

无人物流车存在三大需求场景，第一是车辆运行安全远程监管需要四路高清视频回传稳定15Mbps速率，第二是AI大数据闭环系统需要5G实时上传训练数据，单车每天有200GB；第三是车边算力协同，随自动驾驶模型越来越重，希望把部分模型卸载到边缘。为满足如上三大需求，云边端5G算网架构应运而生：

匹配无人物流车的算网方案，关键是在边缘算力节点，部署车辆运行安全远程监管的视频推流模块

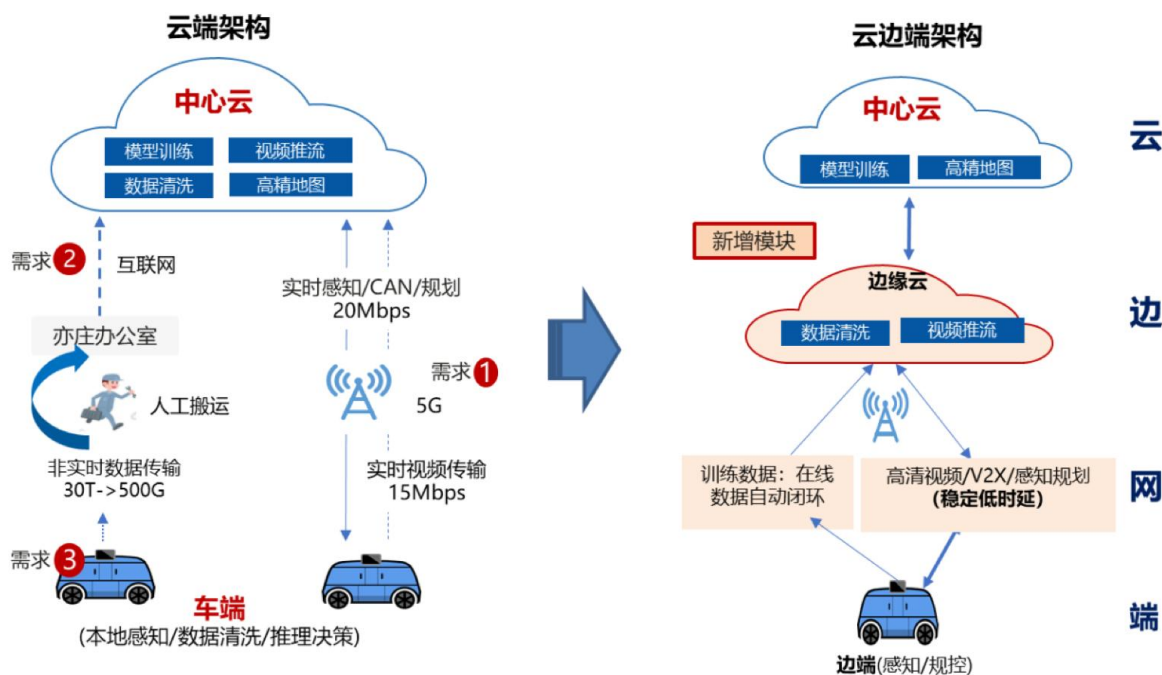


图3.13 无人物流车算网架构设计示意图

降低视频传输的网络时延；部署AI训练数据的清洗标注模块，降低回传到中心AI训练的数据量；在网络侧引入灵活频谱接入、确定性体验等上行增强技术，实现上行最大1Gbps、广域单向20ms时延的能力。实现高清安全监控视频传输、AI训练数据、关键视觉和雷达感知帧的回传，助力无人物流把AI数据闭环效率从周级提升到天级。同时，通过大带宽和低时延网络，及时下发远程脱困、红绿灯信息识别等信息，提升无人车运行时速并确保安全运营。在边缘AI算力实现海量数据自动清洗和标注，通过边缘算力共享可以节省车端30%的算力开销，减少训练数据到中心云的流量传输压力；在云端探索基于AI大模型的海量数据自动标注，降低人工标注成本。

3.2.2 远程驾驶

1) 需求描述

从智能化服务园区的无人物流车，到恶劣环境作业的矿区无人驾驶矿车，到大幅提升工作效率的港口智能驾驶集卡，以及远程接管脱困的云代驾运营，各种各样的场景都开始对远程控制车辆行驶提出了爆发式增长的需求。

2) 场景技术原理

为保证驾驶操作安全、可靠、稳定的进行，实时音视频与实时信令在平行驾驶场景中的应用当前需要解决三大问题。一是音视频+信令超低时延要求，假设在车辆以30km/h中低速行驶，从车机视频采集到远端操作员看见画面做出指令再到指令



图3.14 远程驾驶接驳车应用

实现整段延时超过200ms，将导致控制距离延长近2m，影响驾驶安全；二是卡顿容忍度低；三是网络情况复杂，在车辆行驶过程中，可能由于无线环境的变化引起网络波动，网络时延抖动与丢包等弱网情况发生。

在5G环境下，基于高带宽、低延时、稳定性强的数据连接，远程驾驶员可以通过5G远程控制台像驾驶汽车一样通过方向盘和踏板控制车辆，实现车辆的远程遥控驾驶，帮助车辆解决问题。建设方案包含终端改造、网络、平台三大部分。通过智能网关和摄像头加装，车端支持5G网络接入和数据采集；对运营区域进行5G网络部署，支持远控无线网络端到端流程打通；部署远控中心后台，实现远程驾驶调度和监控。通过车身上的多路高清摄像头，应用5G网络，将车身周围场景

实时传输到驾驶舱端，驾驶舱端的远程驾驶指令传输到5G云控网关，实现5G通讯、视频处理、远程控制，从而实现车辆的远程驾驶。目前远控中心平台可以实现为多辆车服务，降低自动驾驶车的运营成本。

3) 应用效果

远程驾驶技术同时可以应用在低速无人车、矿卡、港口、接驳、特种作业等多个场景，以矿山为例，可以通过远程驾驶实现矿山装-运-排自动化作业(如装/卸载区排队、自动化对铲、空/重载运输、沿帮排土等)，单辆车年运营成本节省百万以上。



图3.15 远程驾驶智慧矿山应用

3.3 技术试验成果

3.3.1 5G网络性能测试

为了有效评估5G网络对车联网业务的支持能力，中国移动联合产业合作伙伴完成了面向车联网典型V2I、V2N业务的网络性能测试，测试结果充分验证了5G网络可以很好地满足所测业务的指标需求，为基于5G Uu的车联网技术方案提供了有效的数据支撑。

本次技术试验基于四个城市的5G现网开展，重点验证了2.6GHz和700MHz两个频段、通用组网和下沉组网两种网络架构、单用户及

多用户等条件下，基于辅助信息交互类、协作感知类的辅助驾驶业务，以及部分典型自动驾驶类业务3大类业务场景（具体见表3-1）的网络性能。

1) 测试组网

本次测试网络架构图如下，1为通用组网架构，V2X应用部署在地市通用UPF后；2为下沉组网架构，V2X应用平台部署在边缘UPF后。

2) 验证效果

本次基于车联网典型业务的网络性能测试，充分验证了两种网络架构下、两种频段下的端到端可靠性、时延及时延抖动、传输速率等性能

表3-1 5G车联网技术试验23个高优先级场景

业务类型	场景类别	包含应用场景
辅助驾驶 (12个)	辅助信息交互类	道路危险状况提示、闯红灯预警、拥堵提醒、绿波车速引导、限速预警、车内标牌（共6个）
	协作感知类	弱势交通参与者碰撞预警、交叉路口碰撞预警、绿波带（通过绿灯协调实现持续的车流）、视野阻碍协助、速度优化建议、车辆路径引导建议（共6个）
自动驾驶 (11个)	协作感知类	差分数据服务、场站路径引导服务、协作式优先车辆通行、交通参与者感知数据共享、速度优化、车辆路径引导（共6个）
	协同决策与控制类	协作式变道、车辆汇入汇出控制、协作式交叉口通行、基于车辆感知的远程遥控驾驶、基于基础设施的远程遥控驾驶（共5个）

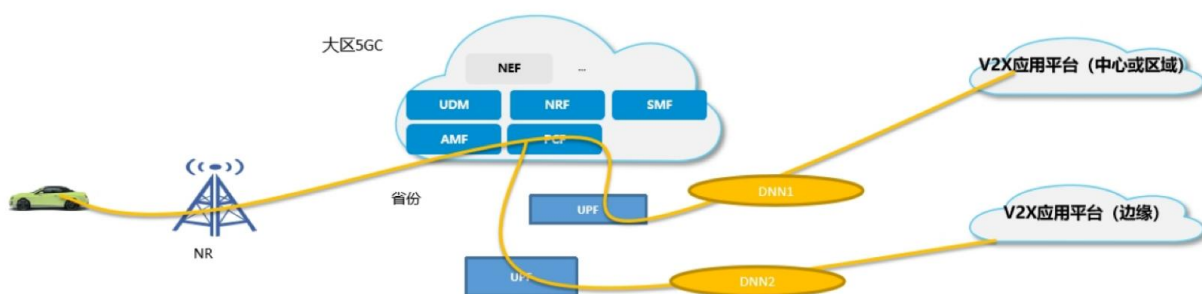


图3.15 远程驾驶智慧矿山应用

均可满足所测的23个业务场景的指标需求。下沉组网架构时延更小，后续如有更低时延要求的业务部署可以考虑；700MHz频段完全可以支持广域的辅助驾驶业务。

3.3.2通感一体新技术测试

基于5G-A通感一体网络新架构，对道路感知系统进行了验证。AAU作为感知模块，对道路车辆以及路测行人进行感知，基站侧部署感知板，处理感知信号，获得车辆位置、速度、方向等结果，并将感知结果传递给感知引擎SF，感知SF对接不同行业服务。



图3.17 通感一体路侧方案示意图

1) 测试组网

在新金桥路部署毫米波道路通感样机，毫米波AAU支持同时发射和接收。AAU和摄像头安装在固定路口的交通杆上，对道路车辆以及路测行人进行感知，通感组网支持全程全网感知。

基站BBU新增感知板和感知处理软件，通信和感知空口复用，感知信号通过BBP板分流至感知板，感知板上进行感知信号和感知数据的分析，生成道路感知结果。

感知应用服务器部署道路感知显示界面，支持AAU车辆感知结果实时显示和摄像头画面显示。



图3.18 5G-A通感样机路侧安装示意图

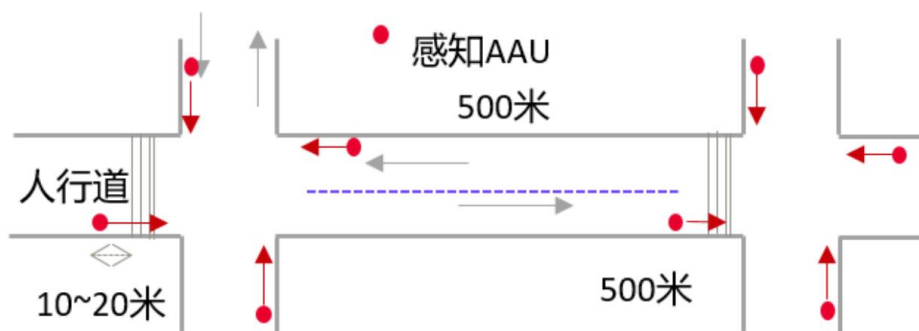


图3.19 通感测试组网部署方式

2) 验证效果

此次验证充分验证了毫米波通感网络架构对道路感知的支持能力，通过空口复用、AAU灵活部

署、感知板通算融合的架构实现了道路车辆感知的实时性、准确性和连续性，为车联网建设提供了更加智慧的道路通感解决方案。

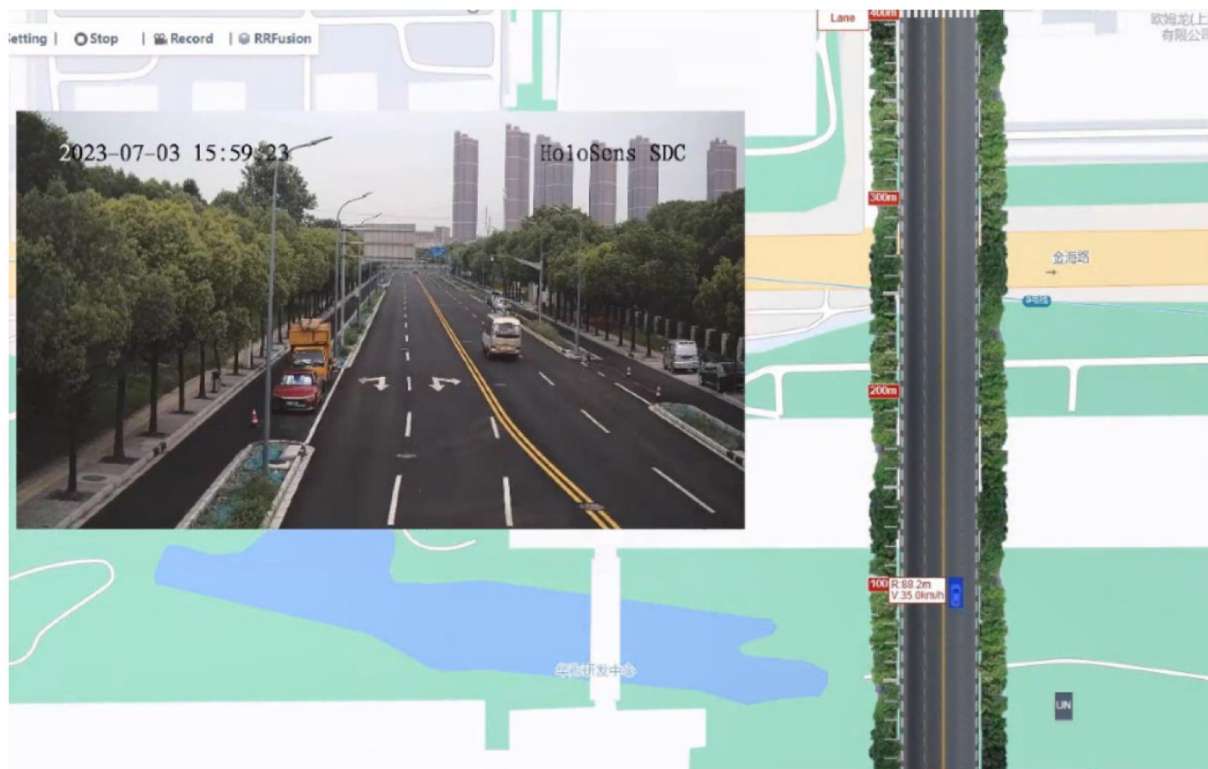


图3.20 毫米波道路感知显示结果



4.展望与建议

4.1展望

车路协同算力网络是一种将云计算、大数据、人工智能等先进技术融合应用于交通领域的全新架构，其未来发展潜力巨大，对赋能自动驾驶、智慧交通和大模型训练具有重要意义。

首先，赋能自动驾驶方面，车路协同算力网络将通过高精度地图、传感器等技术，为自动驾驶车辆提供实时、准确的交通信息，帮

助车辆实现更加智能的决策和控制。同时，车路协同算力网络还可以实现车辆间的信息共享和协同驾驶，提高行车安全性和效率。未来，随着自动驾驶技术的不断发展，车路协同算力网络将迎来更加广阔的应用前景。

其次，赋能智慧交通方面，车路协同算力网络将通过大数据、云计算等技术，对交通数据进行全面采集、分析和利用，为交通管理和运营提供更加智能、高效的支持。



例如，利用车路协同算力网络的大数据处理能力，可以实时监测交通流量、拥堵等情况，为交通指挥和调度提供科学依据；同时，车路协同算力网络还可以实现智能化公共交通服务，提高城市交通运输的效率和安全性。

最后，赋能大模型训练方面，车路协同算力网络将通过云计算、分布式存储等技术，为人工智能模型训练提供更加高效、可靠的支撑。在大模型训练中，需要处理大量的数据和进行复杂的计算，车路协同算力网络的高性能计算和分布式存储能力将能够大幅度提升训练速度和效率。同时，车路协同算力网络还可以实现模型共享和复用，推动人工智能技术的广泛应用和创新发展。

总之，车路协同算力网络是未来交通领域的重要发展方向，其将为自动驾驶、智慧交通、大模型训

练等方面的发展提供强有力的支持。随着技术的不断进步和应用场景的不断扩展，相信车路协同算力网络将会在未来的发展中发挥更加重要的作用。

4.2 建议

车路协同算力网络仍处在探索与发展的初级阶段，还有诸多挑战与困难需要行业多方协同，共同攻克。

1) 需建立统一的通信标准：车路协同算力网络涉及到多种设备和传感器之间的信息交互，因此需要制定统一的通信标准以确保数据传输的可靠性和高效性。

2) 需加强数据处理和分析能力：车路协同算力网络需要处理海量的传感器数据，因此需要强大的数据处理和分析能力。可以采用云

计算和大数据技术，对数据进行实时处理和挖掘，以提供更加精准的决策支持。

3) 需提高网络安全性和隐私保护：车路协同算力网络连接了大量的车辆和基础设施，因此需要采取有效的安全措施，保护网络免受攻击，同时要注重对用户隐私的保护。

4) 需促进多层次协同合作：车路协同算力网络涉及到多个领域和利益相关者，包括政府、企业、科研机构等。需要加强各方的协同合作，共同推动技术的发展和应用。

5) 需持续开展广泛的试点项目：为了验证车路协同算力网络在实际应用中的效果，应该开展广泛的试点项目。通过在试点项目中发现问题和积累经验，

不断完善和优化网络架构和技术参数。同时，试点项目也可以为未来的大规模推广提供参考和借鉴。

6) 算力网络的健康发展，应该积极推进标准化工作。通过制定相关的技术标准和规范，规范网络架构、设备兼容性、数据格式等方面，以利于车路协同算力网络的规模化和产业化发展。

总之，车路协同算力网络的发展需要各方的共同努力和合作，通过建立统一的标准、加强数据处理和分析能力、提高网络安全性和隐私保护、促进多层次协同合作、开展试点项目、关注用户体验和反馈、推进标准化工作和加强人才培养和引进等方面的措施，推动车路协同算力网络的健康发展，为智能交通系统的建设和发展做出积极的贡献。



5.结束语

本白皮书旨在探讨车路协同算力网络的发展趋势、体系架构、技术标准 and 实施方案，为相关企业和机构提供参考和建议。通过车路协同算力网络的建设和应用，可以进一步推动智能交通的发展，提高交通安全和效率，促进绿色出行和经济可持续发展。

车路协同算力网络建设需要各个方面的共同努力和配合。政府应该出台相关政策法规，推动数据共享和隐私保护，加强技术研发和应用试点示范。企业应该积极参与投资和建设，推广应用成熟技术和解决方案，提高车辆和道路基础设施的智能化水平。社会各界应该共同关注和支持智能交通领域的发展，推动产业转型升级和社会可持续发展。

本白皮书的研究成果只是初步的探索和分析，未来的车路协同算力网络建设还需要更多的实践和研究。我们希望通过本白皮书的发布，能够引起更多人关注和支持车路协同算力网络建设，共同推动智能交通领域的发展和进步。

- 【1】 算力网络白皮书，中国移动，2021
- 【2】 算力网络技术白皮书，中国移动，2022
- 【3】 算力并网白皮书，中国移动，2023
- 【4】 面向自动驾驶的车路协同关键技术与展望[R].北京百度智行科技有限公司，2021.2023
- 【5】 车联网白皮书（网联自动驾驶分册）[R].中国信息通信研究院，2020.
- 【6】 T/CSAE 53-2017,合作式智能运输系统 车用通信系统 应用层及应用数据交互准[S].中国汽车工程学会,2017.
- 【7】 T/CSAE 157-2020 ,合作式智能运输系统 车用通信系统 应用层及应用数据交互标准（第二阶段）[S]. 中国汽车工程学会,2020.
- 【8】 T/CSAE 158-2020，基于车路协同的高等级自动驾驶数据交互内容[S]. 中国汽车工程学会,2020.
- 【9】 GB/T 40429-2021 ,汽车驾驶自动化分级[S].
- 【10】 车联网白皮书[R]. IMT-2020（5G）推进组C-V2X工作组.
- 【11】 MEC与C-V2X融合应用场景白皮书[R]. IMT-2020（5G）推进组C-V2X工作组.

缩略语列表

缩略语	英文全称	中文释义
3GPP	3rd Generation Partnership Project	第三代合作伙伴计划
4G	the 4th generation mobile communication technolog	第四代移动通信技术
5G	the 5th generation mobile communication technolog	第五代移动通信技术
5GC	5G core network	5G核心网
AAU	Active Antenna Unit	有源天线处理单元
AD	Autonomous Driving	自动驾驶
ADAS	Advanced Driver Assistance System	先进辅助驾驶系统功能
AI	Artificial Intelligence	人工智能
AMF	Access Management Function	接入管理功能网元
AV	Autonomous Vehicle	自动驾驶车辆
AVP	Automated Valet Parking	自主代客泊车
BEV	Bird's-eye-view	鸟瞰图视角
CAV	Cooperated Automated Vehicle	网联自动驾驶车辆
CCSA	China Communications Standards Association	中国通信标准化协会
CHO	Conditional Handover	条件切换
CoMP	coordinated multipoint transmission/reception	协作多点发送/接收
CQI	Channel Quality Indicator	信道质量指示
CSAE	Society of Automotive Engineers of China	中国通信标准化协会
C-ITS	Cooperative Intelligent Transportation System	合作式智能交通(系统)
C-V2X	Cellular -V2X	蜂窝车联网

缩略语	英文全称	中文释义
DAPS	Dual Active Protocol Stack	双激活协议栈
IaaS	Infrastructure as a Service	基础设施即服务
LTE	Long Term Evolution	长期演进技术
LTE-V2X	LTE Vehicle to Everything	基于LTE的车用无线通信技术
MCS	Modulation and Coding Scheme	调制和编码方式
MEC	Multi-access Edge Computing	多接入边缘计算
NEF	Network Exposure Function	网络开放功能
NWDAF	Network Data Analytics Function	网络数据分析功能
OBU	On-Board Unit	车载单元
OS	Operating System	操作系统
PaaS	Platform as a Service	平台即服务
PC5	Proximity Communication 5	直接通信接口5
PCF	Policy Control Function	策略控制功能网元
PDCP	Packet Data Convergence Protocol	分组数据汇聚层协议
QoS	Quality of Service	服务质量
RSCU	Road Side Computing Unit	路侧计算单元
RTK	Real-Time Kinematic	动态实时差分
SaaS	Software as a Service	软件即服务
SDK	Software Development Kit	辅助开发某一类软件的相关文档、演示举例和一些工具的集合
SF	Sensing Function	感知功能网元
UDM	Unified Data Management	统一数据管理网元
UPF	User Plane Function	用户面功能网元
uRLLC	ultra-reliable low-latency communication	超高可靠低时延通信

缩略语列表

缩略语	英文全称	中文释义
Uu	Universal User to Network interface	空中接口
V2I	Vehicle to Infrastructure	车载设备与路侧基础设施通信
V2N	Vehicle to Network	车与网络通信
V2P	Vehicle to Pedestrians	车载单元与行人设备通信
V2V	Vehicle to Vehicle	车与车通信
V2X	Vehicle to Everything	车联网